

**KLASIFIKASI KEMATANGAN
BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium Guajava*)
DENGAN MENGGUNAKAN MODEL *FUZZY***

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

untuk Memenuhi sebagai Persyaratan

guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh:

Febry Yuni Mulato

NIM. 10305144002

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2015

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “**KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium guajava*) DENGAN MENGGUNAKAN MODEL FUZZY**” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

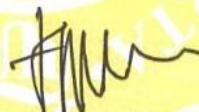
Disusun oleh :

Febry Yuni Mulato

10305144002

Disetujui pada tanggal
23 Desember 2014

Mengetahui:
Dosen Pembimbing



Dr. Agus Maman Abadi
NIP. 19700828 199502 1 001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul :

“KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium guajava*) DENGAN MENGGUNAKAN MODEL FUZZY”

Yang Disusun Oleh :

Nama : Febry Yuni Mulato

NIM : 10305144002

Prodi : Matematika

Skripsi ini telah diuji didepan Dewan Penguji Skripsi pada tanggal 30 Desember 2014 dan dinyatakan **Lulus**

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Dr. Agus Maman Abadi</u> 19700828 199502 1 001	Ketua Penguji		14-01-2015
<u>Dwi Lestari, M.Sc</u> 19850513 201012 2 006	Sekretaris Penguji		13-01-2015
<u>Musthofa, M.Sc</u> 19801107 200604 1 001	Penguji Utama		13-01-2015
<u>Emut, M.Si</u> 19621215 198812 1 001	Penguji Pendamping		13-01-2015

Yogyakarta, 16 Januari 2015

Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam

Dekan



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Febry Yuni Mulato

NIM : 10305144002

Progam Studi : Matematika

Jurusan : Pendidikan Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

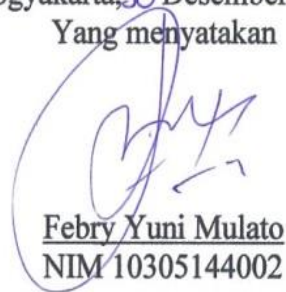
Judul : Klasifikasi Kematangan Buah Jambu Biji Merah

(*Psidium guajava*) dengan Menggunakan Model *Fuzzy*

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti kata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya dan saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 30 Desember 2014

Yang menyatakan



Febry Yuni Mulato
NIM 10305144002

MOTTO

“Di setiap perjalanan hidup terdapat pilihan, dan yang menentukan pilihan itu adalah kita sendiri ”

“aku bukan salah satu dari orang yang terbaik tapi aku akan berusaha diatas satu persen dari seorang pemenang”

PERSEMBAHAN

“Syukur Alhamdulillah akhirnya saya dapat menyelesaikan skripsi ini, skripsi ini saya persembahkan untuk ayah dan ibu tercinta yang telah memberikan dorongan moral dan materi”.

“Buat mbak ratmi yang telah menjagaku dari kecil hingga sekarang dan keponakanku amara, amara kecil dan seluruh keluargaku”.

“Buat sahabatku teguh, uki, agung, ambar, mey, arya, vita, rosyd dan seluruh warga matswa 10 yang selalu memberikan semangat”.

“Buat mas wahyu, mas didit yang telah menjadi sosok seorang kakak untukku.

“Buat tyas satria indramurti”

“Dan, semua pihak yang tidak bisa aku sebutkan satu per satu, terima kasih”.

KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH JAMBU BIJI MERAH (*Psidium guajava*) DENGAN MENGGUNAKAN MODEL FUZZY

**Oleh :
Febry Yuni Mulato
10305144002**

Abstrak

Buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) memiliki keterbatasan umur simpan yaitu antara 1-2 minggu setelah pascapanen. Daya simpan buah jambu biji merah yang relatif singkat mengharuskan pemanenan jambu biji merah dilakukan pada saat jambu biji merah masih dalam kondisi mentah untuk keperluan industri lokal maupun ekspor. Oleh sebab itu, dibutuhkan pengklasifikasian buah jambu biji merah yang tepat untuk memperoleh mutu buah yang baik. Model *fuzzy* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi kematangan buah jambu biji merah. Model *fuzzy* mempunyai konsep matematis yang didasari penalaran *fuzzy*. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan model *fuzzy* dalam klasifikasi tingkat kematangan buah jambu biji merah dan mendeskripsikan tingkat keakuratannya.

Proses yang dilakukan adalah mengubah tipe gambar jambu biji merah (*Psidium guajava*) dari tipe *red green blue* (RGB) ke tipe *grayscale* yang digunakan sebagai data penelitian. Selanjutnya dilakukan ekstraksi menggunakan bantuan MATLAB untuk memperoleh informasi dari gambar. Informasi dari gambar yaitu *contrast*, *correlation*, *energy*, *homogeneity*, *mean*, *variance*, *standard deviation*, *skewness*, *kurtosis*, *entropy*, *Inverse difference moment* (IDM). Terdapat 11 informasi yang digunakan sebagai *input* model *fuzzy*. *Input* model *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk membangun aturan *fuzzy* pada 76 data *training*, sehingga terdapat 76 aturan *fuzzy*. Setelah aturan *fuzzy* diperoleh selanjutnya dilakukan proses inferensi dan defuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi merupakan nilai untuk tingkat kematangan buah jambu biji merah yang dibagi menjadi empat kategori yaitu mentah, setengah matang, matang, busuk.

Model *fuzzy* yang telah dibangun akan dilakukan pengujian model dengan cara menentukan tingkat keakuratan dan *error* dari model tersebut. Tingkat keakuratan untuk data *training* 94.67% dengan *error* 5.33% sedangkan tingkat keakuratan untuk data *testing* 83.3% dengan *error* 16.7%.

Kata kunci : Jambu biji merah (*Psidium guajava*), Kematangan, Model *Fuzzy*.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirob, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “Klasifikasi Kematangan Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava*) dengan Menggunakan Model *Fuzzy*” ini dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan, motivasi, kerjasama maupun bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah diberikan kesepakatan kepada penulis untuk menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Sugiman selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Agus Maman Abadi selaku Ketua Prodi Matematika Universitas Negeri Yogyakarta sekaligus Dosen Pembimbing. Terima kasih atas semua ilmu dan waktu yang diberikan dalam penulisan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

4. Bapak Nurhadi Waryanto M. Eng, selaku Dosen Penasehat Akademik. Terima kasih untuk semua nasihat, motivasi dan dukungan selama menjadi mahasiswa matematika swadana 2010.
5. Seluruh Dosen Program Studi Matematika beserta staff yang telah memberikan ilmu dan kelancaran penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Bapak dan Ibu tercinta, terima kasih atas dukungan, doa, dan kesabaran kalian dalam menemani penulis menyelesaikan tugas ini.
7. Teman-teman Matematika Swadana 2010 yang telah berbagi semangat menyelesaikan skripsi.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu per satu, terima kasih atas dukungan moral dalam menyelesaikan tulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat untuk semua pihak.

Yogyakarta,
Desember 2014

Febry Yuni Mulato

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
Abstrak	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL.....	xv
DARTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian.....	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI.....	6
A. Jambu Biji Merah (<i>Psidium guajava</i>).....	6
B. Penelitian-Penelitian Terdahulu.....	7
C. Ekstraksi Gambar.....	10
D. Himpunan <i>fuzzy</i>	13
E. Jenis-jenis Fungsi Keanggotaan.....	14
F. Operator pada Himpunan <i>Fuzzy</i>	23
G. Aturan <i>Fuzzy</i>	24
H. Inferensi <i>Fuzzy</i>	26

I. Fuzzifikasi	27
J. Defuzzifikasi	28
K. Model <i>Fuzzy</i>	30
L. Pengujian Model <i>Fuzzy</i>	31
M. Toolbox <i>Fuzzy</i> pada Matlab	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
A. Teknik Pengumpulan Data	36
B. Teknik Analisis Data	37
BAB IV PEMBAHASAN	39
A. Ekstraksi Gambar	39
B. Klasifikasi Logika <i>Fuzzy</i>	41
C. Hasil Pembahasan	86
D. Pengujian Model <i>Fuzzy</i>	86
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	90
A. KESIMPULAN	90
B. SARAN	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	95

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil ekstraksi gambar kedua	65
Tabel 4.2	Hasil ekstraksi dan pengelompokan himpunan <i>fuzzy</i> dari data hasil ekstraksi gambar kedua.....	79
Tabel 4.3	Hasil ekstraksi gambar kedua	81
Tabel 4.4	Fungsi implikasi dari data gambar kedua	81
Tabel 4.5	Komposisi aturan MAX dari data gambar kedua.....	82
Tabel 4.6	Hasil model <i>fuzzy</i> data <i>training</i>	86
Tabel 4.7	Hasil model <i>fuzzy</i> data <i>testing</i>	86

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	:Grafik representasi kurva naik	15
Gambar 2.2	:Grafik himpunan <i>fuzzy</i> A_9 variabel <i>contrast</i> pada U	16
Gambar 2.3	:Grafik representasi kurva turun	16
Gambar 2.4	:Grafik himpunan <i>fuzzy</i> A_1 variabel <i>contrast</i> pada U	17
Gambar 2.5	:Grafik representasi kurva segetiga	18
Gambar 2.6	:Grafik himpunan <i>fuzzy</i> A_5 variabel <i>contrast</i> pada U	19
Gambar 2.7	:Grafik representasi kurva trapesium	19
Gambar 2.8	:Grafik himpunan <i>fuzzy</i> A_4 variabel <i>contrast</i> pada U	20
Gambar 2.9	:Grafik representasi kurva Gauss	21
Gambar 2.10	:Grafik himpunan <i>fuzzy</i> A_5 variabel <i>contrast</i> pada U	22
Gambar 2.11	:Proses pemodelan <i>fuzzy</i>	30
Gambar 2.12	:FIS <i>Editor</i>	32
Gambar 2.13	: <i>Membership Function Editor</i>	33
Gambar 2.14	: <i>Rule Editor</i>	34
Gambar 2.15	: <i>Rule viewer</i>	34
Gambar 2.16	: <i>Surface viewer</i>	35
Gambar 3.1	: Penulis dengan pemilik toko	36
Gambar 3.2	:Tahap-tahap penelitian	38
Gambar 4.1	:Gambar Asli (RBG) jambu biji merah	39
Gambar 4.2	:Gambar dalam tipe <i>grayscale</i>	39

Gambar 4.3	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>contrast</i>	46
Gambar 4.4	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>correlation</i>	47
Gambar 4.5	Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>energy</i>	49
Gambar 4.6	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>homogeneity</i>	51
Gambar 4.7	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>mean</i>	52
Gambar 4.8	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>variance</i>	54
Gambar 4.9	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>standardt deviation</i>	56
Gambar 4.10	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>skewness</i>	57
Gambar 4.11	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>kurtosis</i>	59
Gambar 4.12	:Grafik fungsi keanggotaan variabel <i>entropy</i>	61
Gambar 4.13	:Grafik fungsi keanggotaan variabel IDM	63
Gambar 4.14	:Grafik fungsi keanggotaan <i>output</i> kematangan	64
Gambar 4.15	:Jambu biji merah setengah matang	65
Gambar 4.16	:Hasil komposisi aturan MAX data gambar kedua	83
Gambar 4.17	:Ilustrasi gambar pembagian hasil komposisi aturan MAX	83
Gambar 4.18	:Hasil rancangan GUI untuk Klasifikasi kemtangan buah jambu biji merah.....	88

DAFTAR SIMBOL

U :	Himpunan universal	$\mu_D[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>homogeneity</i>
T :	Himpunan <i>fuzzy</i>	$\mu_E[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>mean</i>
A :	Himpunan <i>fuzzy contrast</i>	$\mu_F[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>variance</i>
B :	Himpunan <i>fuzzy correlation</i>	$\mu_G[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>standard deviation</i>
C :	Himpunan <i>fuzzy energy</i>	$\mu_H[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>skewness</i>
D :	Himpunan <i>fuzzy homogeneity</i>	$\mu_I[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>kurtosis</i>
E :	Himpunan <i>fuzzy mean</i>	$\mu_J[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>entropy</i>
F :	Himpunan <i>fuzzy variance</i>	$\mu_K[x]$:	Fungsi keanggotaan IDM
G :	Himpunan <i>fuzzy standard deviation</i>	$p(i, j)$:	piksel di lokasi baris ke- i dan kolom ke- j
H :	Himpunan <i>fuzzy skewness</i>	\in :	Anggota atau elemen
I :	Himpunan <i>fuzzy kurtosis</i>	Σ :	Sigma
J :	Himpunan <i>fuzzy energy</i>	$\mu(y)$:	Derajat keanggotaan dari nilai tegas y
K :	Himpunan <i>fuzzy IDM</i>	p :	Nilai defuzzifikasi
$\mu_T[x]$:	Fungsi keanggotaan		
$\mu_T(x)$:	Derajat keanggotaan		
$\mu_A[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>contrast</i>		
$\mu_B[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>correlation</i>		
$\mu_C[x]$:	Fungsi keanggotaan <i>energy</i>		

DARTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	:Surat Pernyataan Penelitian.....	95
Lampiran 2	:Gambar buah jambu biji merah untuk data <i>training</i>	96
Lampiran 3	:Gambar buah jambu biji merah untuk data <i>testing</i>	100
Lampiran 4	: <i>Script</i> ekstraksi untuk jambu biji merah	101
Lampiran 5	:Data <i>training</i> buah jambu biji merah	102
Lampiran 6	:Data <i>testing</i> buah jambu biji merah	105
Lampiran 7	:Aturan <i>fuzzy</i>	106
Lampiran 8	:Fungsi implikasi dari data gambar kedua	117
Lampiran 9	:Komposisi aturan MAX dari data gambar kedua	121
Lampiran 10	: <i>Script</i> m-file untuk model <i>fuzzy</i>	123
Lampiran 11	:Hasil defuzzifikasi data <i>training</i>	127
Lampiran 12	:Hasil defuzzifikasi data <i>testing</i>	129
Lampiran 13	:Hasil model <i>fuzzy</i> data <i>training</i>	129
Lampiran 14	:Hasil model <i>fuzzy</i> data <i>testing</i>	131
Lampiran 15	: <i>Script</i> m-file untuk sistem GUI	131

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Indonesia termasuk negara tropis yang memiliki kekayaan yang berkaitan dengan keunikan ragam alamiah hayati yang tumbuh di atasnya. Beraneka ragam tanaman pangan dan buah-buahan telah dikembangkan untuk menghasilkan varietas-varietas unggul baru yang menjanjikan. Produksi buah segar terus ditingkatkan karena kebutuhan masyarakat dunia untuk mengonsumsi buah juga meningkat. Indonesia diharapkan mampu memberikan peranan dalam memenuhi kebutuhan buah dalam negeri sekaligus mampu mengeksport buah segar yang berkualitas untuk negara-negara besar, seperti Inggris, Singapura, dan Malaysia. Ekspor buah tersebut seperti jambu biji, mangga, nanas, pepaya, dan pisang.

Jambu biji merah (*Psidium guajava*) bukan tanaman asli Indonesia. Berbagai sumber pustaka menyebutkan bahwa jambu biji merah berasal dari Meksiko Selatan, Amerika tengah, dan benua Amerika yang beriklim tropis. Salah satu manfaat buah jambu biji merah yaitu sebagai obat demam berdarah karena dapat menginduksi terbentuknya antibodi. Oleh sebab itu, buah jambu biji merah memiliki nilai yang baik. Hal ini mendorong permintaan pada jambu biji merah terus meningkat. Namun, seperti halnya komoditas ekspor buah tropis lainnya, jambu biji merah memiliki keterbatasan umur simpan yaitu antara 1-2 minggu setelah pascapanen (Ali dan Lazan, 2001).

Daya simpan buah jambu biji merah yang relatif singkat mengharuskan pemanenan jambu biji merah sebaiknya dilakukan pada saat jambu biji merah

masih dalam kondisi mentah. Pemanenan saat jambu biji merah masih mentah untuk menghindari terjadinya pembusukan pada waktu dilakukan ekspor. Kondisi kematangan buah jambu biji merah dapat ditentukan dengan cara melihat berbagai faktor salah satunya dengan warna. Warna adalah salah satu faktor yang berperan mengidentifikasi objek tertentu. Kematangan buah jambu biji merah akan terlihat dari warnanya. Warna dari buah jambu biji merah dapat digunakan untuk mengindikasikan buah tersebut masih mentah, setengah matang, matang atau sudah busuk. Oleh karena itu ekstraksi ciri warna dari buah jambu biji merah dapat dimanfaatkan untuk mengetahui tingkat kematangan dari buah jambu biji merah untuk kepentingan industri (Abdullah, 2004).

Terdapat dua cara untuk mengidentifikasi kematangan buah jambu biji merah yaitu secara destruktif dan nondestruktif. Kematangan buah jambu biji merah secara destruktif dilakukan dengan membuka buah jambu biji merah untuk mengetahui tingkat kematangannya. Hal ini dilakukan bila buah jambu biji merah akan langsung dikonsumsi, tetapi tidak dimungkinkan jika buah akan dijual di pasaran untuk keperluan industri karena buah jambu biji merah akan mudah rusak. Diperlukan suatu metode untuk menentukan tahap kematangan buah jambu biji secara nondestruktif, yaitu tanpa merusak buah jambu biji merah sehingga buah jambu biji merah dapat di jual di pasar atau di ekspor (Retno N.W, 2012).

Penentuan tahap kematangan buah jambu biji merah berdasarkan komponen warna diperlukan teknik klasifikasi yang tepat. Teknik yang dapat memisahkan tahap kematangan buah jambu biji merah. Hal ini sangat penting

karena kesalahan klasifikasi tahap kematangan akan mempengaruhi mutu buah jambu biji merah, baik jambu biji merah untuk keperluan lokal maupun ekspor.

Berdasarkan uraian di atas diperlukan suatu metode yang mampu melakukan klasifikasi kematangan buah jambu biji merah, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk merancang suatu model pakar dalam klasifikasi kematangan buah jambu biji merah. Model pakar tersebut diharapkan mampu menangani ketidakjelasan dan ketidakpastian dari variabel-variabel dalam klasifikasi kematangan buah jambu biji merah. Model pakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah model *fuzzy* yang mampu menangani ketidakjelasan, ketidakpastian dari variabel yang digunakan. (Aly,2005)

Model *fuzzy* adalah suatu sistem yang dibangun dengan definisi, cara kerja, dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori logika *fuzzy* dan memiliki beberapa proses seperti aturan *fuzzy*, inferensi, fuzzifikasi, defuzzifikasi (Agus,2009). Model *fuzzy* banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti proses sinyal, kontrol, komunikasi, bisnis, kesehatan, dan lain-lain. Beberapa contoh penggunaan model *fuzzy* seperti mesin cuci, kamera perekam, sistem otomasi pada mobil, sistem pengaturan lalu lintas kereta api di Jepang (Wang, 1997:7-11).

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh *Lotfi Zadeh* pada tahun 1965. Logika *fuzzy* juga dapat memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output* menggunakan aturan *fuzzy*. *Input* yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil ekstraksi dari buah jambu biji merah sedangkan *output* yaitu tingkat

kematangan jambu biji merah. Fuzzifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah fungsi keanggotaan segitiga. Inferensi *fuzzy* menggunakan metode Mamdani, karena metode Mamdani sangat sederhana tetapi memberikan *output* yang optimal. Defuzzifikasi menggunakan metode bisektor, karena metode bisektor memberikan hasil yang baik. Proses pembentukan model *fuzzy* diperlukan bantuan *software* MATLAB.

Berdasarkan uraian di atas penulis hendak melakukan kajian yang berjudul “Klasifikasi Kematangan Buah Jambu Biji Merah (*Psidium guajava*) dengan Menggunakan Model *Fuzzy*”. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu model dalam mengklasifikasikan kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*).

B. BATASAN MASALAH

Agar pembatasan dalam penelitian ini tidak terlalu luas, maka penelitian akan membatasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Gambar jambu biji merah (*Psidium guajava*) merupakan hasil gambar dengan menggunakan camera Canon Sony Dsc-W630 diolah sehingga dapat digunakan sebagai *input* klasifikasi kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*).
2. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model *fuzzy*.
3. *Input* yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstraksi gambar jambu biji merah (*Psidium guajava*) yaitu *contrast*, *correlation*, *energy*,

homogeneity, mean, variance, standardd deviation, skewness, kurtosis, entropy, dan IDM.

C. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana proses penentuan tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan menggunakan model *fuzzy*?
2. Bagaimana tingkat keakuratan penentuan tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan manggunakan model *fuzzy*?

D. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengaplikasikan model *fuzzy* untuk mendeteksi tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*).
2. Mengetahui tingkat keakuratan model *fuzzy* yang digunakan.

E. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Menambah pengetahuan penulis mengenai aplikasi dari model *fuzzy* untuk klasifikasi suatu kasus.
2. Menambah referensi tentang penggunaan model *fuzzy*.
3. Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan untuk membantu mempermudah penentuan kematangan buah jambu biji merah pada suatu industri.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Jambu Biji Merah (*Psidium guajava*)

Jambu biji merah (*Psidium guajava*) merupakan jenis buah tropis yang keberadaannya sulit digantikan dengan buah-buah lainya karena jambu biji merah memiliki kandungan yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Buah jambu biji merah merupakan keluarga *mytaceae* yang memiliki bentuk bulat mempunyai warna hijau jika belum matang, kuning muda jika sudah matang dan kuning kemerahan apabila telah busuk, daging buah berwarna merah. Buah jambu biji merah memiliki kulit tipis dan permukaannya halus sampai kasar (Bambang, 2010).

Buah jambu biji merah juga bermanfaat untuk mengobati bermacam-macam penyakit, seperti memperlancarkan pencernaan, menurunkan kolesterol, antioksidan, menghilangkan rasa lelah dan lesu, demam berdarah, dan sariawan. Vitamin C berperan sebagai antioksidan yang berguna untuk melawan serangan radikal bebas penyebab penuaan dini dan berbagai penyakit kanker. (Anonim,2006)

Buah jambu biji merah sering digunakan untuk mengobati penyakit demam berdarah. Dengan cara buah jambu biji merah dibuat jus untuk meningkatkan jumlah trombosit, biasanya menggunakan buah jambu biji merah yang telah busuk di buat jus (Yuliani, 2003).

Buah jambu biji merah mengalami perubahan warna yang nyata selama proses pematangan, yang menunjukkan terjadinya perubahan-perubahan secara kimiawi dalam buah. Perubahan warna jambu biji merah dari hijau menjadi kuning disebabkan hilangnya klorofil. Selama proses penyimpanan awalnya buah jambu biji merah berwarna hijau, kemudian berubah menjadi sedikit kuning. Semakin lama penyimpanan warna berubah menjadi kuning kecoklatan dan semakin lembek dalam kondisi ini buah telah membusuk (Nita F.W, 2009).

B. Penelitian-Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdahulu sebagai referensi. Penelitian tersebut antara lain sebagai berikut.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Dwi Purnomo (2008) mengenai model pakar *fuzzy* penentuan dan peningkatan kualitas manggis. Penelitian ini menggunakan *input indeks* warna kematangan buah manggis sedang *output* kualitas manggis. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *fuzzy*.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Retno Nugroho Whidhiasih, Sugi Guritman dan Prapto Tri Supriyo tentang identifikasi tahap kematangan buah manggis berdasarkan warna menggunakan *fuzzy neural network*. Parameter *input* yang digunakan adalah komponen warna hasil dari pengolahan citra yang mempunyai pengaruh terhadap tahap kematangan buah manggis dengan *output* kelas mentah, kelas ekspor dan kelas lokal. Penelitian ini bertujuan membuat identifikasi tahap kematangan buah manggis secara nondestruktif dengan menggunakan *fuzzy neural network* (FNN). Metode yang digunakan pada

penelitian ini yaitu metode *fuzzy neural network*. Keakurasian metode *fuzzy neural network* pada penelitian ini adalah 85%.

Penelitian yang dilakukan oleh Retno Nugroho Whidhiasih, Nursinta A.W, Supriyanto tentang identifikasi buah belimbing berdasarkan citra *red-green-blue* menggunakan *Adaptif neuro fuzzy inference system* (ANFIS). Parameter *input* yang digunakan adalah komponen warna hasil dari pengolahan citra dengan *output* yang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu kelas asam, sedang dan manis. Data dibagi menjadi dua yaitu data *training* dan data *testing*. Data *training* sebanyak 90 data yang terdiri atas 30 data kategori belimbing asam, 30 data kategori belimbing sedang, dan 30 data kategori belimbing manis sedangkan data *testing* sebanyak 9 data yang terdiri atas 3 data kategori belimbing asam, 3 data kategori belimbing sedang, dan 3 data kategori belimbing manis. Penelitian ini bertujuan memprediksi tingkat rasa buah belimbing. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Adaptif neuro fuzzy inference system* (ANFIS). Keakurasian pada penelitian ini adalah 96,7% untuk buah belimbing asam, 100% untuk belimbing sedang dan 70% untuk belimbing manis.

Penelitian yang dilakukan oleh Dila Deswari, hendrick, MT. ,Derisma, MT. tentang identifikasi kematangan buah tomat menggunakan metode *back propagation*. Buah tomat diidentifikasi berdasarkan *input histogram* warna citra yang didapat dari hasil *capture* dengan *output* yang diperoleh dengan tingkat kematangan masak, muda dan setengah masak. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *jaringan syaraf tiruan* (JST) *back propagation* dengan keakurasian yang diperoleh yaitu 71.67%.

Penelitian yang dilakukan oleh Ary Noviyanto tentang klasifikasi tingkat kematangan varietas tomat merah dengan metode perbandingan kadar warna. *Input* yang digunakan dalam penelitian ini adalah warna hasil *image processing*, sedangkan *output* tingkat kematangan varietas tomat merah yang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu *Ripe* (matang), *Half-Ripe* (setengah matang), dan *Un-Ripe* (mentah). Metode yang digunakan yaitu perbandingan kadar warna. Keakurasian metode yang digunakan mencapai 95%.

Penelitian yang dilakukan oleh Eliyani, Tulus, Fahmi tentang pengenalan tingkat kematangan buah pepaya paya rabo menggunakan pengolah citra berdasarkan warna (RGB) dengan *K-MEANS CLUSTERING*. Parameter tingkat kematangan yang dilihat dari sisi warna dengan *output* yang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu pepaya muda, pepaya mengkal, dan pepaya penuh. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *K-mean clustering*.

Penelitian yang dilakukan oleh Eddy Nurraharjo tentang klasifikasi kematangan buah mangga “harum masnis” berdasarkan *Digital Number* (DN) of RGB. Parameter *input* yang digunakan adalah warna sedang *output* merupakan tingkat kematangan yang dikategorikan dalam 3 kelas yaitu mentah, matang, dan masak. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *DIGITAL NUMBER*. Tingkat keberhasilan metode yang digunakan mencapai 100%.

C. Ekstraksi Gambar

Ekstraksi merupakan metode pengambilan informasi dari sebuah gambar. Piksel merupakan ukuran terkecil dari suatu gambar. Informasi yang diperoleh dari sebuah gambar yaitu sebagai berikut:

1. Contrast

Contrast adalah ukuran variasi antar derajat keabuan suatu daerah citra.

Rumus untuk mencari *contrast* dari suatu gambar (Toni Wijanarko A.P, 2013):

$$C = \sum_{i,j} (i - j)^2 p(i, j) \quad (2.1)$$

dengan,

i, j menyatakan baris ke- i , kolom ke- j

$P(i, j)$ menyatakan piksel di lokasi baris ke- i kolom ke- j .

2. Correlation

Correlation adalah ukuran tingkat abu-abu ketergantungan linier antara piksel pada posisi tertentu terhadap piksel lain. Rumus untuk menentukan *correlation* dari suatu gambar (Siew, dkk, 1988):

$$Cr = \frac{\sum_i \sum_j (ij) p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.2)$$

dengan,

$\mu_x \mu_y$ menyatakan rata-rata dari $p_x p_y$

$\sigma_x \sigma_y$ menyatakan standar deviasi $p_x p_y$

3. Energy

Energy disebut juga *angular second moment* (ASM) menunjukkan nilai yang tertinggi saat piksel-piksel gambar homogen. Rumus untuk mencari *energy* dari suatu gambar (Anami, 2009):

$$Eg = \sum_i \sum_j p(i, j)^2 \quad (2.3)$$

4. *Homogeneity*

Homogeneity menunjukkan nilai distribusi antara elemen. Rumus untuk mencari *homogeneity* dari suatu gambar (Zhu, dkk, 1995):

$$H = \sum_i \sum_j \frac{p(i,j)}{1+|i-j|} \quad (2.4)$$

5. *Mean*

Mean merupakan rata-rata dari nilai-nilai piksel pada gambar. rumus untuk mencari *mean* pada suatu gambar (Pradeep, 2012):

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P(i,j) \quad (2.5)$$

dimana $P(i,j)$ adalah nilai piksel pada titik (i,j) dari gambar dengan ukuran $M \times N$ (M,N menyatakan banyaknya tingkat keabuan)

6. *Variance*

Variance menunjukan seberapa banyak tingkat keabu-abuan yang beragam dari rata-rata. Rumus untuk menghitung *variance* dari suatu gambar (Vannier, dkk, 1985):

$$var = \sum_i \sum_j (i-j)^2 p(i,j) \quad (2.6)$$

7. *Standard Deviation*

Standard deviation (σ) adalah perhitungan dari akar rata-rata atau *mean* dari nilai piksel $P(i,j)$ keabuan . *Standard deviation* dapat dirumuskan sebagai berikut (Pradeep,2012)

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (P(i,j) - \mu)^2} \quad (2.7)$$

Dengan,

μ menyatakan *mean*

8. Skewness

Skewness (S) adalah tingkat asimetri dari distribusi piksel disekitar *mean*. *Skewness* adalah nilai dari karakteristik distribusi ukuran. Rumus umum untuk menghitung *skewness* adalah (Pradeep,2012)

$$S = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[\frac{(P(i,j)-\mu)}{\sigma} \right]^3 \quad (2.8)$$

dimana $P(i,j)$ adalah nilai piksel pada titik (i,j) , μ dan σ adalah rata-rata (*mean*) dan *standard deviation*.

9. Kurtosis

Kurtosis merupakan ukuran dari tingkat distribusi normal dari yang tertinggi atau terendah. Rumus umum untuk menghitung *kurtosis* dalam ekstraksi gambar adalah (pradeep,2012):

$$K = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \left[\frac{(P(i,j)-\mu)}{\sigma} \right]^4 - 3 \quad (2.9)$$

Dimana $P(i,j)$ adalah nilai piksel pada titik (i,j) , μ dan σ adalah rata-rata (*mean*) dan *standard deviation*.

10. Entropy

Entropy menghitung keacakan intensitas gambar (cline, dkk, 1990:1037-1045). Rumus *entropy* (E) dari suatu gambar adalah (Sharma,2013):

$$E = \sum_i \sum_j p(i,j) \log(p(i,j)) \quad (2.10)$$

11. IDM

Inverse Difference Moment (IDM) menunjukan kesamaan piksel. Rumus IDM suatu gambar (Yin, 2004)

$$IDM = \sum_{i=0} \sum_{j=0} \frac{p(i,j)}{1+(i-j)^2} \quad (2.11)$$

D. Himpunan *fuzzy*

Teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik yang diperkenalkan pertama kali oleh zadeh dalam bukunya yang berjudul “*fuzzy sets*”(Wang,1997:13). Himpunan klasik mendefinisikan secara tegas untuk setiap elemen anggotanya, sehingga pada himpunan klasik memiliki dua kemungkinan derajat keanggotaan yaitu (Kusumadewi,2010:155) :

$$\mu_T(x) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } x \in T \\ 0 & \text{untuk } x \notin T \end{cases}$$

dengan,

T menyatakan suatu himpunan

$\mu_T(x)$ menyatakan derajat keanggotaan

Pada himpunan *fuzzy* derajat keanggotaan untuk setiap elemennya terletak pada rentang $[0,1]$.

Definisi 2.1 (Wang,1997:22)

Sebuah himpunan *fuzzy* T pada himpunan universal U direpresetasikan oleh fungsi keanggotaan $\mu_T(x)$ yang nilainya berada diinterval $[0,1]$. Dinotasikan sebagai berikut

$$\mu_T(x): U \rightarrow [0,1] \tag{2.12}$$

dengan $\mu_T(x) \in [0,1]$ dan nilai $\mu_T(x)$ menyatakan derajat keanggotaan

Kusumadewi (2003:158), menglasifikasikan himpunan *fuzzy* mempunyai dua variabel yaitu sebagai berikut.

- 1) Variabel linguistik : Suatu penamaan pada grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa natural.

Contoh 2.1

Misalnya pada variabel *contrast* yang dapat dikategorikan menjadi himpunan *fuzzy* A_1 , himpunan *fuzzy* A_2 , himpunan *fuzzy* A_3 .

- 2) Variabel numerik : Suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

Contoh 2.2

Misalnya pada variabel *contrast* diperoleh data numerik seperti 0.14548, 0.18021, 0.15982, 0.15141.

E. Jenis-jenis Fungsi Keanggotaan

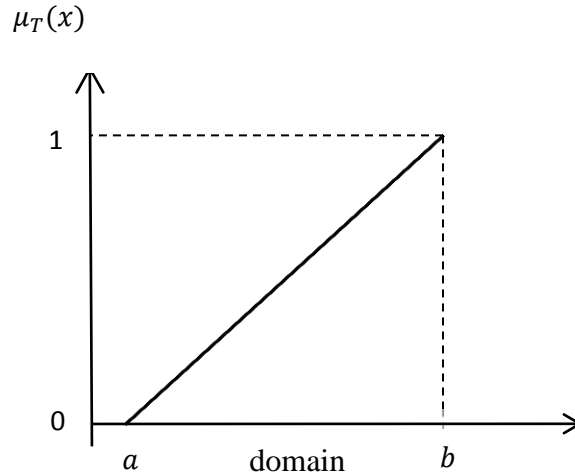
Fungsi keanggotaan (*membership function*) merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaan. Pendekatan fungsi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan (Kusumadewi 2003:160).

1. Representasi Linier

Representasi Linier merupakan pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya yang digambarkan sebagai suatu garis lurus, Representasi linier merupakan bentuk paling sederhana. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang linier, di antaranya yaitu sebagai berikut.

a) Representasi Linier Naik

Kenaikan himpunan yang bergerak ke kanan dari nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) menuju ke derajat keanggotaan yang lebih tinggi. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 1 Grafik representasi kurva naik

dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_T[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases}$$

dimana,

$\mu_T[x]$ = fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*

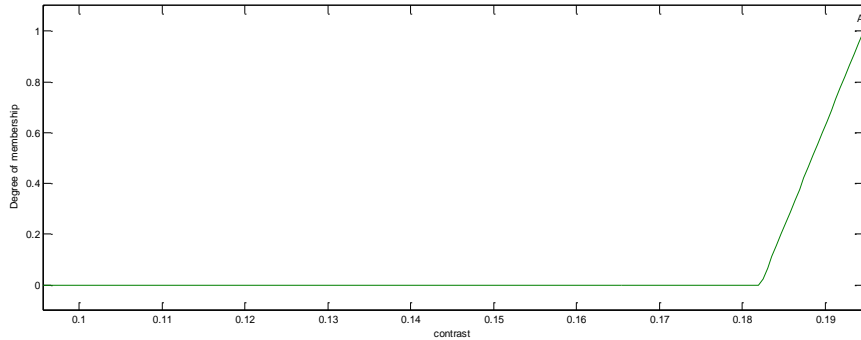
a, b = nilai real yang berada pada domain

Contoh 2.3 :

Himpunan *fuzzy* A_9 pada variabel *contrast* dengan himpunan universal $U = [0.095588 \ 0.19458]$. Berikut fungsi keanggotaan untuk A_9 .

$$\mu_{A_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1822 \\ \frac{x - 0.1822}{0.0124}; 0.1822 \leq x \leq 0.1946 \\ 1; x \geq 0.1946 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



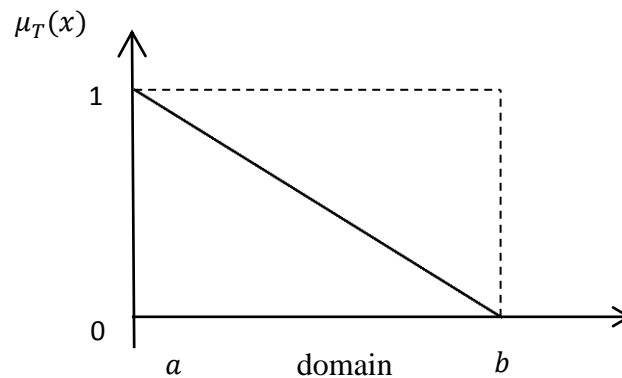
Gambar 2. 2 Grafik Himpunan *fuzzy* A_9 variabel *contrast* pada U

Misalnya untuk mencari derajat keanggotaan $x = 0.18229$ pada himpunan A_9 maka dilakukan perhitungan:

$$\mu_{A_9}(0.18229) = \frac{0.18229 - 0.1822}{0.0124} = 0.0073$$

b) Representasi Linier Turun

Representasi linier turun merupakan kebalikan dari representasi linier naik, penurunan himpunan bergerak ke kanan dari nilai domain derajat keanggotaan satu (1) menuju ke derajat keanggotaan yang lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 3 Grafik Representasi Linier Turun

dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_T[x] = \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases}$$

dimana,

$\mu_T[x]$ = fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*

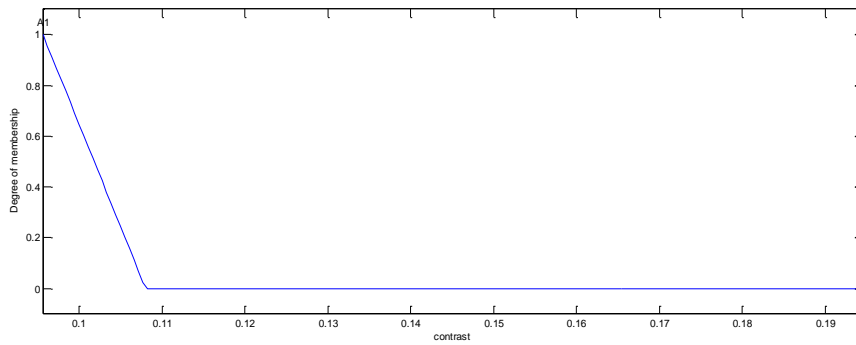
a, b = nilai real yang berada pada domain

Contoh 2.4 :

Himpunan *fuzzy* A_1 pada variabel *contrast* dengan himpunan universal $U = [0.095588 \ 0.19458]$. Berikut fungsi keanggotaan untuk A_1 .

$$\mu_{A_1}[x] = \begin{cases} \frac{0.108-x}{0.0124} & ; 0.09559 \leq x \leq 0.108 \\ 0 & ; x \geq 0.1108 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



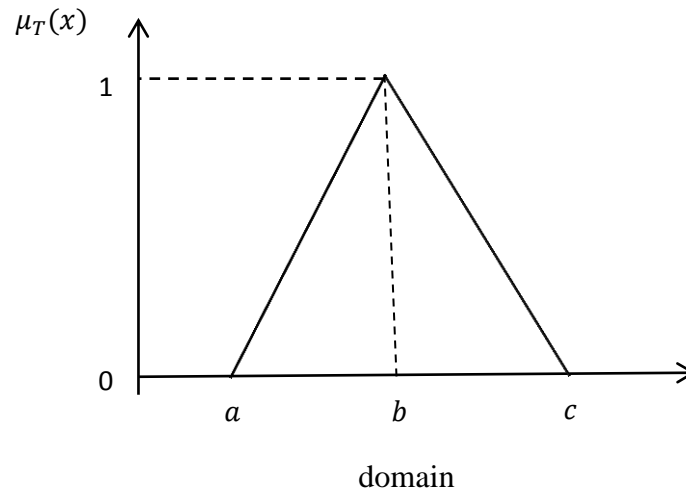
Gambar 2. 4 Grafik himpunan *fuzzy* A_1 variabel *contrast* pada U

Misalnya untuk mencari derajat keanggotaan $x = 0.098877$ pada himpunan A_1 maka dilakukan perhitungan:

$$\mu_{A_1}(0.09887) = \frac{0.108 - 0.098877}{0.0124} = 0.7351$$

2. Representasi Segitiga

Kurva segitiga merupakan gabungan antara dua garis representasi linier yaitu representasi linier turun dan representasi linier naik. Representasi segitiga dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 5 Grafik representasi kurva segitiga

dengan fungsi keanggotaan,

$$\mu_T[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b \leq x \leq c \end{cases}$$

dengan,

$\mu_T[x]$ = fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*

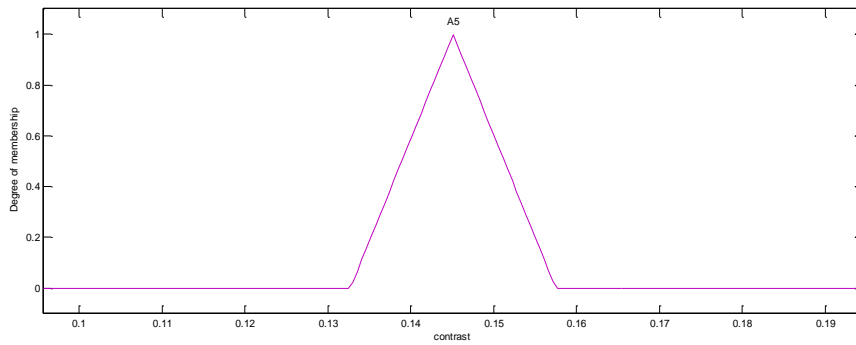
a, b = nilai real yang berada pada domain

Contoh 2.5:

Himpunan *fuzzy* A_5 pada variabel *contrast* dengan himpunan universal $U = [0.095588 \ 0.19458]$. Berikut fungsi keanggotaan untuk A_5 .

$$\mu_{A_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1327 \text{ atau } x \geq 0.1575 \\ \frac{x - 0.1327}{0.0124}; 0.1327 \leq x \leq 0.1451 \\ \frac{0.1575 - x}{0.0124}; 0.1451 \leq x \leq 0.1575 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. 6 Grafik Himpunan fuzzy A_5 variabel *contrast* pada U

Misalnya untuk mencari derajat keanggotaan $x = 0.14548$ pada himpunan

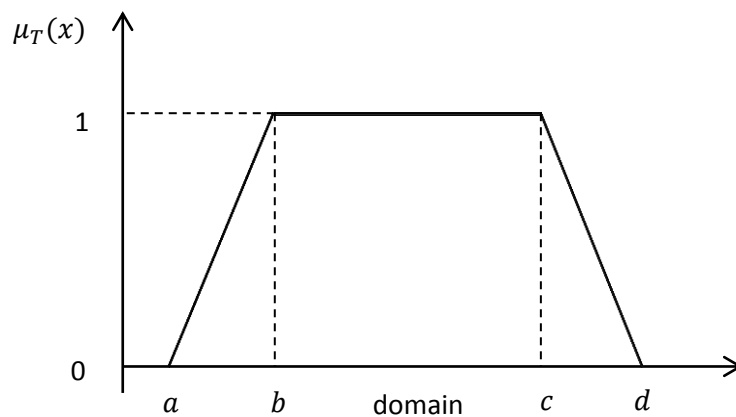
A_5 maka dilakukan perhitungan:

$$\mu_{A_5}(0.14548) = \frac{0.1575 - 0.14548}{0.0124} = 0.9694$$

3. Representasi Trapresium

Pada dasarnya representasi trapresium seperti representasi segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai derajat keanggotaan 1.

Representasi trapesium dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 7 Grafik representasi kurva trapesium

dengan fungsi keanggotaan:

$$\mu_T[x] = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; x \geq d \end{cases}$$

dimana,

$\mu_T[x]$ = fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy*

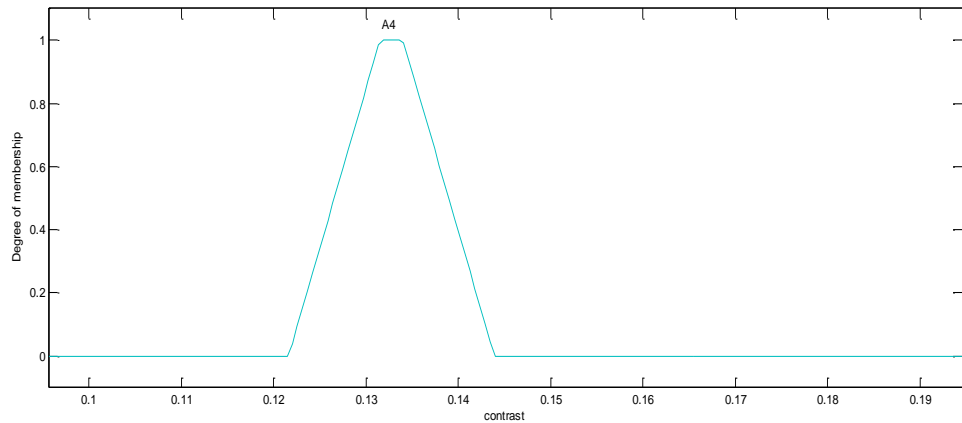
a, b, c dan d = nilai real yang berada pada domain

Contoh 2.6:

Himpunan *fuzzy* A_4 pada variabel *contrast* dengan himpunan universal $U = [0.095588 \ 0.19458]$. Berikut fungsi keanggotaan untuk A_4 .

$$\mu_{A_4}(x) = \begin{cases} 0; x \leq 0.1216 \text{ atau } 0 \geq 0.1439 \\ \frac{x - 0.1216}{0.0099}; 0.1216 \leq x \leq 0.1315 \\ 1; 0.1315 \leq x \leq 0.134 \\ \frac{0.1439 - x}{0.009}; 0.134 \leq x \leq 0.1439 \end{cases}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



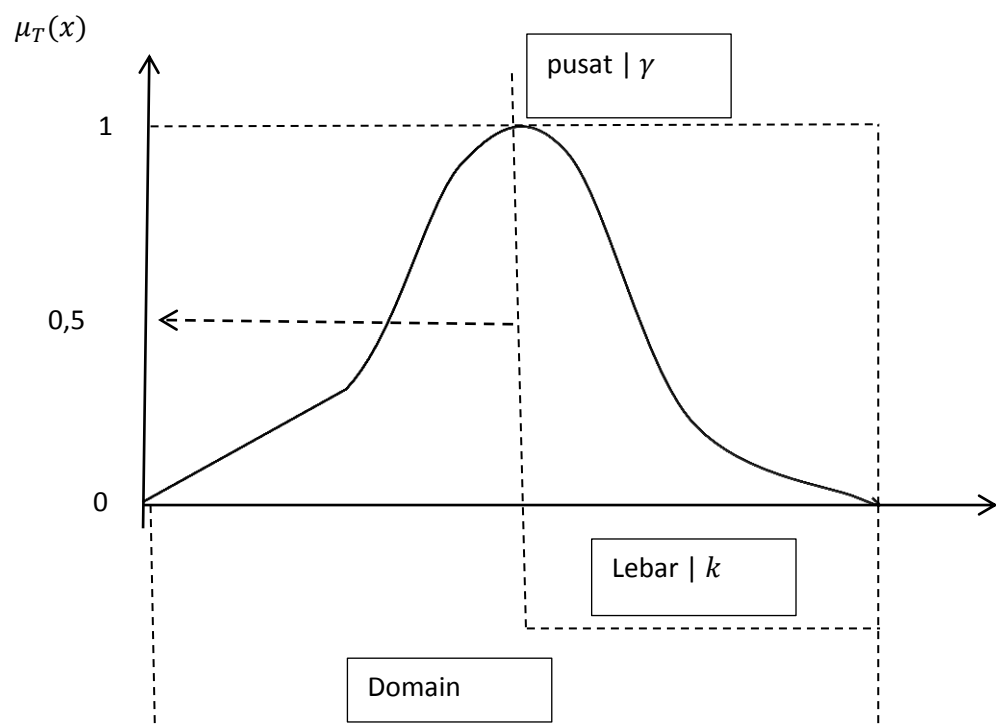
Gambar 2. 8 Grafik himpunan *fuzzy* A_4 variabel *contrast* pada U

Misalnya untuk mencari derajat keanggotaan $x = 0.12707$ pada himpunan A_4 maka dilakukan perhitungan:

$$\mu_{A_4}(0.12707) = \frac{0.12707 - 0.1216}{0.0099} = 0.5525$$

4. Representasi Kurva Gauss

Representasi kurva Gauss menggunakan parameter γ untuk menunjukkan nilai *domain* pada pusat kurva, dan k yang menunjukkan lebar kurva. Pusat kurva merupakan elemen dari suatu himpunan *fuzzy* dengan derajat keanggotaan 1 dan lebar merupakan elemen dari suatu himpunan *fuzzy* dengan derajat keanggotaan 0,5. Seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. 9 Grafik representasi kurva Gauss

dengan fungsi keanggotaan:

$$G(x, k, \gamma) = e^{-\frac{(x-\gamma)^2}{2k}}$$

dengan,

k menyatakan lebar kurva

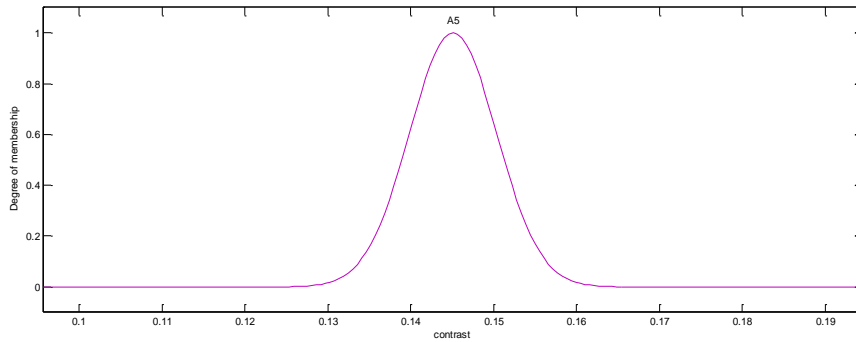
γ menyatakan pusat kurva

Contoh 2.7:

Himpunan *fuzzy* A_5 pada variabel *contrast* dengan himpunan universal $U = [0.095588 \ 0.19458]$. Berikut fungsi keanggotaan untuk A_5 .

$$G(x, 0.005256, 0.1451) = e^{-\frac{(x-0.1451)^2}{2(0.005256)}}$$

Grafik fungsi keanggotaan tersebut ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. 10 Grafik himpunan *fuzzy* A_5 variabel *contrast* pada U

Misalnya untuk mencari derajat keanggotaan $x = 0.14548$ pada himpunan A_5 maka dilakukan perhitungan:

$$G(0.14548, 0.005256, 0.1451) = e^{-\frac{(0.14548-0.1451)^2}{2(0.005256)}} = 0.9974$$

F. Operator pada Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan *fuzzy* ada 3 operasi dasar yang dapat digunakan, ketiga operasi tersebut yaitu sebagai berikut.

1. Irisan (*Intersection*)

Misalnya A dan B adalah himpunan *fuzzy* dari himpunan universal U . Dinotasikan $A \cap B$ merupakan bentuk umum operasi irisan himpunan *fuzzy* pada A dan B yang didefinisikan fungsi keanggotaan sebagai berikut (George J.Klir, 1997:93).

$$\mu_{(A \cap B)}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (2.13)$$

Contoh 2.8 :

Misalnya derajat keanggotaan $x = 0.14075$ pada himpunan A_4 adalah 0.3508 dan derajat keanggotaan $x = 0.14075$ pada himpunan A_5 adalah 0.6492, maka

$$\begin{aligned} \mu_{A_4 \cap A_5}(0.13866) &= \min(\mu_{A_4}[0.14075], \mu_{A_5}[0.14075]) \\ &= \min(0.3508, 0.6492) = 0.3508 \end{aligned}$$

2. Gabungan (*Union*)

Misalnya A dan B adalah himpunan universal U . Dinotasikan $A \cup B$ merupakan bentuk umum operasi gabungan himpunan *fuzzy* pada A dan B yang didefinisikan fungsi keanggotaan sebagai berikut (George J.Klir, 1997:92).

$$\mu_{(A \cup B)}(x) = \max[\mu_A(x) \cup \mu_B(x)] \quad (2.14)$$

Contoh 2.9 :

Misalnya derajat keanggotaan $x = 0.14075$ pada himpunan A_4 adalah 0.3508 dan derajat keanggotaan $x = 0.14075$ pada himpunan A_5 adalah 0.6492, maka

$$\begin{aligned}\mu_{A_4 \cup A_5}(0.13866) &= \max(\mu_{A_4}[0.14075], \mu_{A_5}[0.14075]) \\ &= \max(0.3508, 0.6492) = 0.6492\end{aligned}$$

3. Komplemen (*Complement*)

Misalnya A adalah himpunan *fuzzy* dari himpunan universal U . Sehingga operasi himpunan *fuzzy* komplemen pada A dinotasikan “ \bar{A} ” yang didefinisikan fungsi keanggotaan sebagai berikut (J.Klir, 1997:90):

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.15)$$

Contoh 2.10 :

Misalnya derajat keanggotaan $x = 0.14075$ pada himpunan A_5 adalah 0.6492, maka komplemen derajat keanggotaan $x = 0.13866$ pada himpunan A_5 sebagai berikut:

$$\mu_{\bar{A}_5}(0.13866) = 1 - \mu_{A_5}(0.13866) = 1 - 0.6492 = 0.3508$$

G. Aturan *Fuzzy*

Aturan *fuzzy* merupakan inti dari suatu model *fuzzy*. Aturan *fuzzy* terdiri atas aturan-aturan *if-then* yang semua komponen digunakan untuk membuat aturan yang efisien (Wang, 1997:91). Aturan *if-then* ditulis sebagai berikut.

$$Ru^{(l)}: \text{if } x_1 \text{ is } A_1^l \text{ o } \dots \text{ o } x_n \text{ is } A_n^l \text{ then } y \text{ is } B^l \quad (2.16)$$

dengan,

$Ru^{(l)}$ menyatakan aturan ke- l dengan $l=1,2,3, \dots, M$.

x_n menyatakan *input* ke- n .

A_1^l menyatakan himpunan *input fuzzy* pada input ke- j , aturan ke- l .

B^l himpunan *fuzzy* pada *output* pada aturan ke- l .

y menyatakan *output* himpunan di V

\circ menyatakan operasi pada himpunan *fuzzy*.

Pernyataan yang mengikuti *if* disebut sebagai anteseden, sedangkan pernyataan yang mengikuti *then* disebut konsekuen. Aturan *fuzzy* terdiri atas himpunan aturan-aturan dan hubungan antar aturan dalam himpunan *fuzzy* dapat dijelaskan dalam definisi sebagai berikut.

Definisi 2.2: (Wang,1997 :92)

Suatu himpunan aturan *fuzzy if-then* lengkap jika untuk setiap $X \in U_i$, terdapat satu aturan pada aturan *fuzzy*.

$$\mu_{A_i^l}(x_i) \neq 0, \text{ untuk semua } i=1,2, \dots, n.$$

Contoh 2.11:

Menganggap model *fuzzy* mempunyai 2 *input* dan 1 *output* dengan $U = U_1 \times U_2 = [0,1] \times [0,1]$ dan $V = [0,1]$. Terdefinisi tiga himpunan *fuzzy* S_1, M_1 dan L_1 di U_1 , dan dua himpunan *fuzzy* S_2 dan L_2 di U_2 . Maka aturan *fuzzy* menjadi lengkap yang berisi enam aturan yang mana *if* merupakan semua kemungkinan kombinasi pada S_1, M_1, L_2 dengan S_2, L_2 :

If x_1 adalah S_1 dan x_2 adalah S_2 then y adalah B^1

If x_1 adalah M_1 dan x_2 adalah S_2 then y adalah B^2

If x_1 adalah L_2 dan x_2 adalah S_2 then y adalah B^3

If x_1 adalah S_1 dan x_2 adalah L_2 then y adalah B^4

If x_1 adalah M_1 dan x_2 adalah L_2 then y adalah B^5

If x_1 adalah L_2 dan x_2 adalah L_2 then y adalah B^6

Dimana B^l ($l = 1, 2, \dots, 6$) adalah himpunan *fuzzy* di V .

Definisi 2.3: (Wang, 1997: 94)

Suatu himpunan aturan-aturan *fuzzy if-then* adalah konsisten jika tidak ada aturan-aturan dengan anteseden sama tetapi konsekuen berbeda.

H. Inferensi *Fuzzy*

Inferensi *fuzzy* merupakan tahap evaluasi pada aturan *fuzzy*. Inferensi *fuzzy* merupakan suatu penalaran menggunakan *input* dan aturan *fuzzy* untuk memperoleh *output fuzzy*. Penelitian ini inferensi *fuzzy* menggunakan metode Mamdani karena metode Mamdani sangat sederhana tetapi menghasilkan *output* yang optimal. Inferensi *fuzzy* memiliki tiga metode yaitu metode mamdani, metode Sugeno, metode Tsukamoto (Kusumadewi, 2003: 180):

1. Metode Mamdani

Metode Mamdani menggunakan fungsi implikasi MIN dan komposisi aturan MAX. Oleh karena itu, metode Mamdani sering disebut sebagai metode MIN-MAX. Hasil *output* metode Mamdani masih berupa

himpunan *fuzzy* sehingga perlu dikonversi menjadi himpunan tegas (*crisp*) dengan cara defuzzifikasi. Himpunan tegas adalah himpunan yang terdefinisi dengan jelas untuk setiap elemen dalam semestanya.

2. Metode Sugeno

Metode Sugeno hampir mirip dengan metode Mamdani. Perbedaannya terletak pada *output*, jika *output* metode Mamdani masih berupa himpunan *fuzzy* maka metode Sugeno berupa konstanta atau persamaan linier. Metode Sugeno terbagi menjadi dua yaitu metode Sugeno orde-nol dan orde-satu. Defuzzifikasi metode Sugeno adalah dengan cara mencari nilai rata-ratanya.

3. Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan metode dimana setiap konsekuen dari aturan *fuzzy* direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan yang monoton.

I. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi (*Fuzzifiers*) adalah pemetaan dari nilai real $x^* \in U$ ke dalam himpunan *fuzzy* A' pada U . Dapat dikatakan bahwa fuzzifikasi merupakan proses nilai tegas (*crisp*) menjadi nilai *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan (Wang, 1997: 105). Fuzzifikasi dibagi menjadi tiga metode yaitu sebagai berikut.

1. Fuzzifikasi *Singleton*

Suatu pemetaan dari nilai real $x^* \in U$ ke dalam himpunan *fuzzy* *singleton* A' pada U dengan derajat keanggotaan 1 jika pada x^* dan 0 untuk lainnya, yaitu:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & ; x = x^* \\ 0 & ; \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.17)$$

2. Fuzzifikasi Gaussian

Merupakan proses pemetaan dari nilai real $x^* \in U$ ke dalam himpunan *fuzzy* A' pada U dengan derajat keanggotaan Gauss, yaitu:

$$\mu_{A'}(x) = e^{-\left(\frac{x_1-x_1^*}{\alpha_1}\right)^2} o \dots o e^{-\left(\frac{x_n-x_n^*}{\alpha_n}\right)^2} \quad (2.18)$$

dengan,

α_i menyatakan parameter positif

o menyatakan operator **product** atau min

3. Fuzzifikasi Triangular

Merupakan proses pemetaan nilai real $x^* \in U$ ke dalam himpunan *fuzzy* A' pada U dengan derajat keanggotaan:

$$\mu_{A'}(x) = \begin{cases} \left(1 - \frac{|x_1-x_1^*|}{b_1}\right) o \dots o \left(1 - \frac{|x_n-x_n^*|}{b_n}\right) & ; |x_i - x_i^*| \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & ; \text{untuk } x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.19)$$

dengan,

b_i menyatakan parameter positif

o menyatakan operator **product** atau min

J. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah suatu pemetaan dari himpunan *fuzzy* B' pada V ke nilai tegas (*crisp*) $y^* \in V$ (Wang,1997:108). Dapat diartikan bahwa Defuzzifikasi merupakan proses transformasi yang menyatakan perubahan bentuk dari himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari inferensi *fuzzy* ke nilai tegasnya (*crisp*) berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Nilai dari defuzzifikasi

adalah *output* dari proses logika *fuzzy*. Terdapat dua bentuk defuzzifikasi (Wang,1997:109) yaitu sebagai berikut.

1. *Center of Gravity* Defuzzifikasi

Metode ini juga sering disebut sebagai metode *Centroid*, dengan cara mengambil titik pusat y^* sebagai solusi nilai tegas (*crisp*). Metode tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$y^* = \frac{\int_V y \mu_{B'}(y) dy}{\int_V \mu_{B'}(y) dy} \quad (2.20)$$

dengan,

\int_V menyatakan integral biasa

$\mu_{B'}(y)$ menyatakan derajat keanggotaan pada y .

2. Bisektor Defuzzifikasi

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan z_p sedemikian hingga

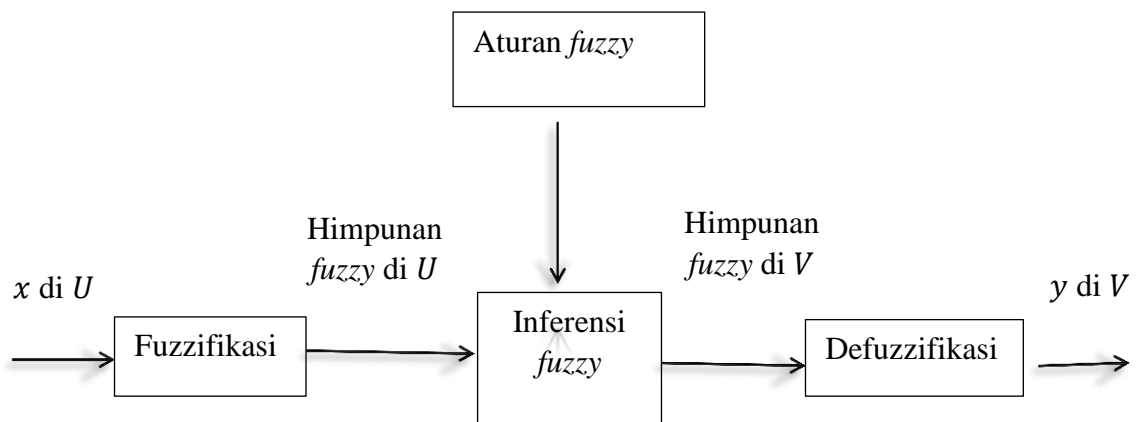
$$\int_{\alpha}^p \mu(z) dz = \int_p^{\beta} \mu(z) dz \quad (2.21)$$

Dengan $\alpha = \min(z: z \in Z)$ dan $\beta = \max(z: z \in Z)$

sedangkan $p = z$ yang membagi daerah hasil inferensi menjadi dua bagian sama besar.

K. Model Fuzzy

Model *fuzzy* merupakan suatu proses dari *input* yang berupa nilai tegas (*crisp*) diubah oleh fuzzifikasi (tahap fuzzifikasi) menjadi nilai *fuzzy* pada U kemudian diolah oleh mesin inferensi *fuzzy* dengan aturan dasar *fuzzy* yang selanjutnya ditegaskan kembali dengan defuzzifikasi (tahap Defuzzifikasi) menjadi nilai tegas merupakan *output* yang dicari (Wang, 1997: 7). Berikut disajikan model *fuzzy* dalam bentuk bagan.



Gambar 2. 11 Proses pemodelan *fuzzy*

Model *fuzzy* memiliki empat komponen, yaitu : fuzzifikasi, aturan *fuzzy*, inferensi *fuzzy*, defuzzifikasi. Fuzzifikasi memetakan angka-angka *input* ke dalam fungsi keanggotaan yang sesuai. Aturan *fuzzy* dapat dibentuk dari data numerik atau aturan yang diberikan oleh pakar ahli. Inferensi *fuzzy* mendefinisikan pemetaan dari *input* himpunan *fuzzy* ke dalam *output* himpunan *fuzzy*. Defuzzifikasi memetakan himpunan *fuzzy* ke dalam himpunan tegas (*crisp*) (Toni,2013).

L. Pengujian Model *Fuzzy*

Pengujian model *fuzzy* menggunakan parameter tingkat keakuratan dan *error*. Tingkat keakuratan adalah ukuran ketepatan model dalam mengenali masukan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar. Secara umum dinotasikan sebagai berikut (Nithya,R dan Santhi, B, 2011).

$$\text{tingkat keakuratan} = \frac{\text{jumlah data yang benar}}{\text{jumlah data keseluruhan}} \times 100\% \quad (2.22)$$

Error adalah tingkat kesalahan model dalam mengenali masukan yang diberikan terhadap jumlah data secara keseluruhan. Secara umum dinotasikan sebagai berikut.

$$\text{error} = 100\% - \text{tingkat keakuratan} \quad (2.23)$$

Model *fuzzy* yang terbentuk akan dihitung tingkat keakuratan dan nilai *error*. Model *fuzzy* dengan tingkat keakuratan tinggi dan *error* kecil maka model *fuzzy* tersebut dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi kematangan buah untuk data *testing*.

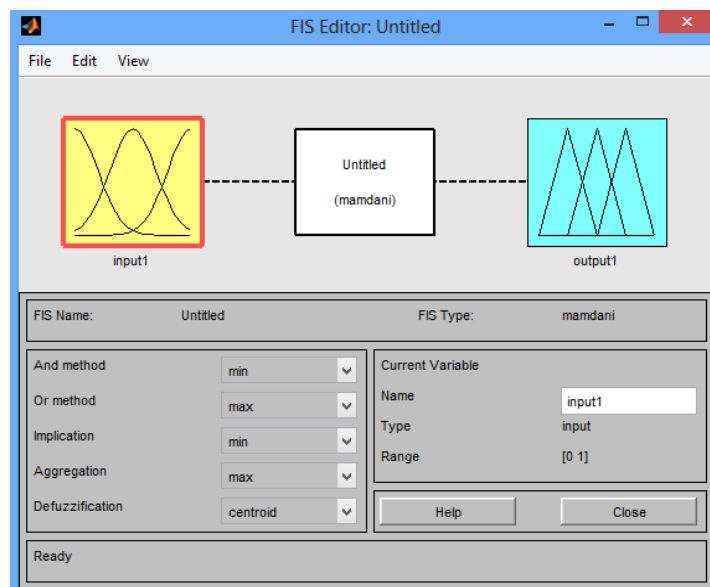
M. Toolbox *Fuzzy* pada Matlab

Menentukan tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan menggunakan metode Mamdani dapat menggunakan *toolbox fuzzy* yang terdapat di *software* MATLAB. *Fuzzy logic toolbox* memberikan fasilitas *Graphical User Interface* (GUI) untuk mempermudah dalam membangun suatu model *fuzzy*.

Terdapat 5 GUI *tools* yang dapat digunakan untuk mengedit, mengamati, dan membangun model *fuzzy* yaitu (Agus Naba, 2009:82-94)

1. *Fuzzy Inference System (FIS) Editor*

GUI ini yang berfungsi untuk mengedit model *fuzzy* yang dibuat. *FIS Editor* dapat dipanggil dengan mengetikkan tulisan “*fuzzy*” pada *Command window*, sehingga muncul gambar seperti gambar di bawah ini.

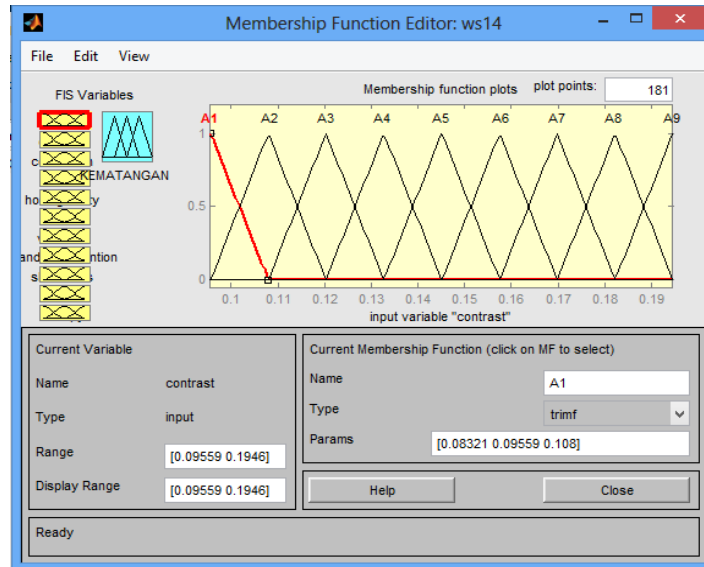


Gambar 2. 12 *FIS Editor*

2. *Membership Function Editor (MFE)*

GUI ini yang berfungsi untuk merancang atau membuat fungsi keanggotaan yang akan digunakan dalam model *fuzzy*. Terdapat beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, antara lain fungsi keanggotaan segitiga dan Gauss. *Editor* ini dapat dipanggil dari *FIS*

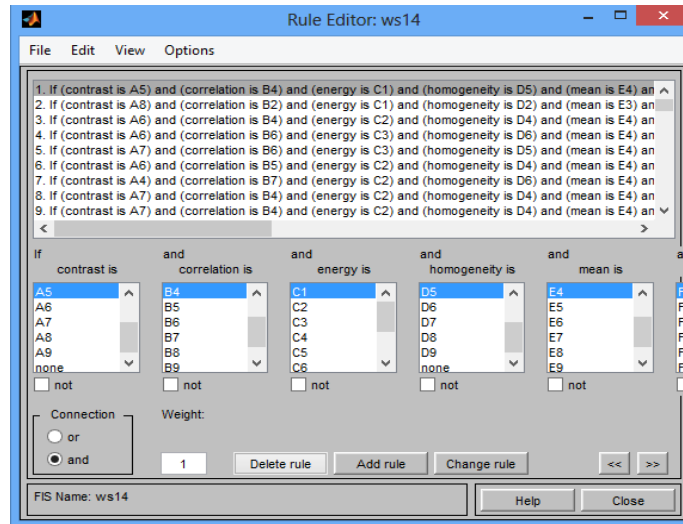
Editor dengan cara pilih *view* → *Edit Membership Function Editor* atau *double klik icon variabel input / output*. Gambar ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. 13 *Membership Function Editor*

3. Rule Editor

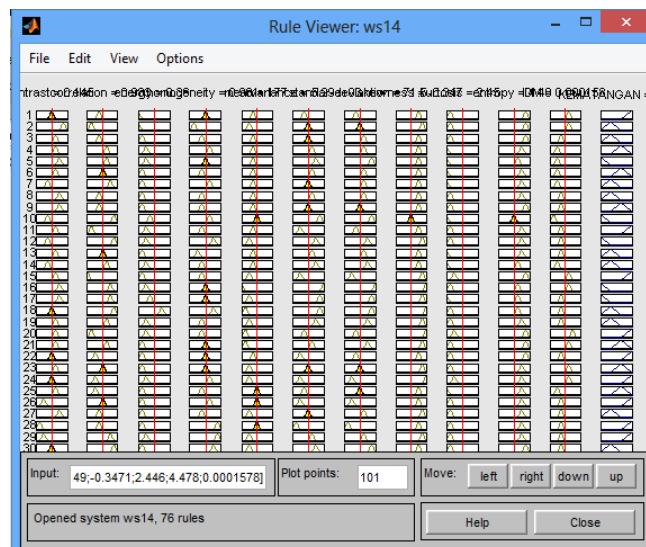
GUI ini yang berfungsi menyusun aturan Jika-Maka berdasarkan pengetahuan maupun aturan-aturan yang kemudian akan digunakan sebagai penalaran *fuzzy* yang merupakan inti dari model *fuzzy*. *Rule Editor* dapat dipanggil dengan cara pilih *view*→ *Edit Rules*. Tampilan *Rule Editor* ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 14 Rule Editor

4. Rule Viewer

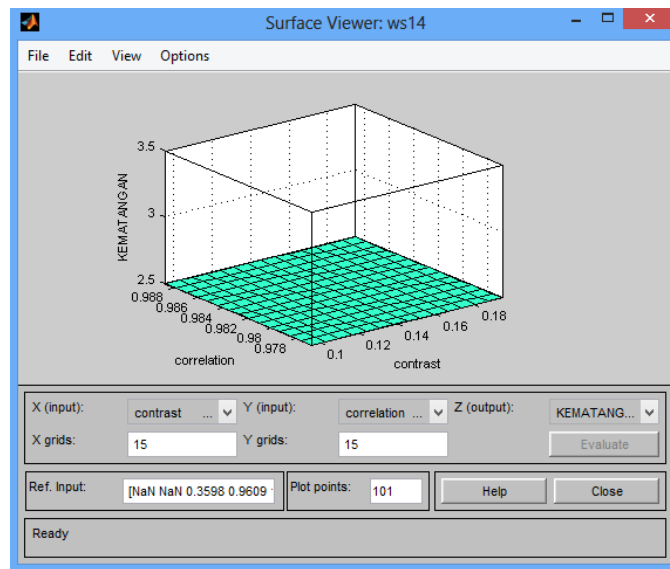
GUI ini yang berfungsi untuk menampilkan penalaran dari model *fuzzy* secara keseluruhan dalam bentuk model 2 dimensi. *Rule Viewer* dapat dipanggil dengan memilih menu *view*→*view rule*. Tampilan *Rule Viewer* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. 15 Rule viewer

5. Surface Viewer

GUI ini yang berfungsi untuk menampilkan penalaran dari model *fuzzy* dalam bentuk 3 dimensi. *Surface Viewer* dapat dipanggil dengan memilih menu **view**→**view Surface**. Tampilan *Surface Viewer* ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. 16 *Surface Viewer*

Dalam membangun FIS, kelima GUI *Fuzzy Logic Toolbox* tersebut saling mempengaruhi dengan kata lain jika ada perubahan yang dibuat dalam satu GUI maka akan mempengaruhi GUI yang lainnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa gambar jambu biji merah (*Psidium guajava*) mentah, setengah matang, matang, busuk. Gambar diambil dengan camera Canon sony Dsc-W630 dengan ukuran piksel 16.1. Penulis melakukan penelitian di pasar Gamping blok A pada tanggal 25 Maret 2014. Pasar Gamping merupakan pasar induk buah didaerah Yogyakarta, oleh karena itu maka penulis melakukan penelitian di pasar Gamping. Berikut merupakan gambar penulis dengan pemilik toko.



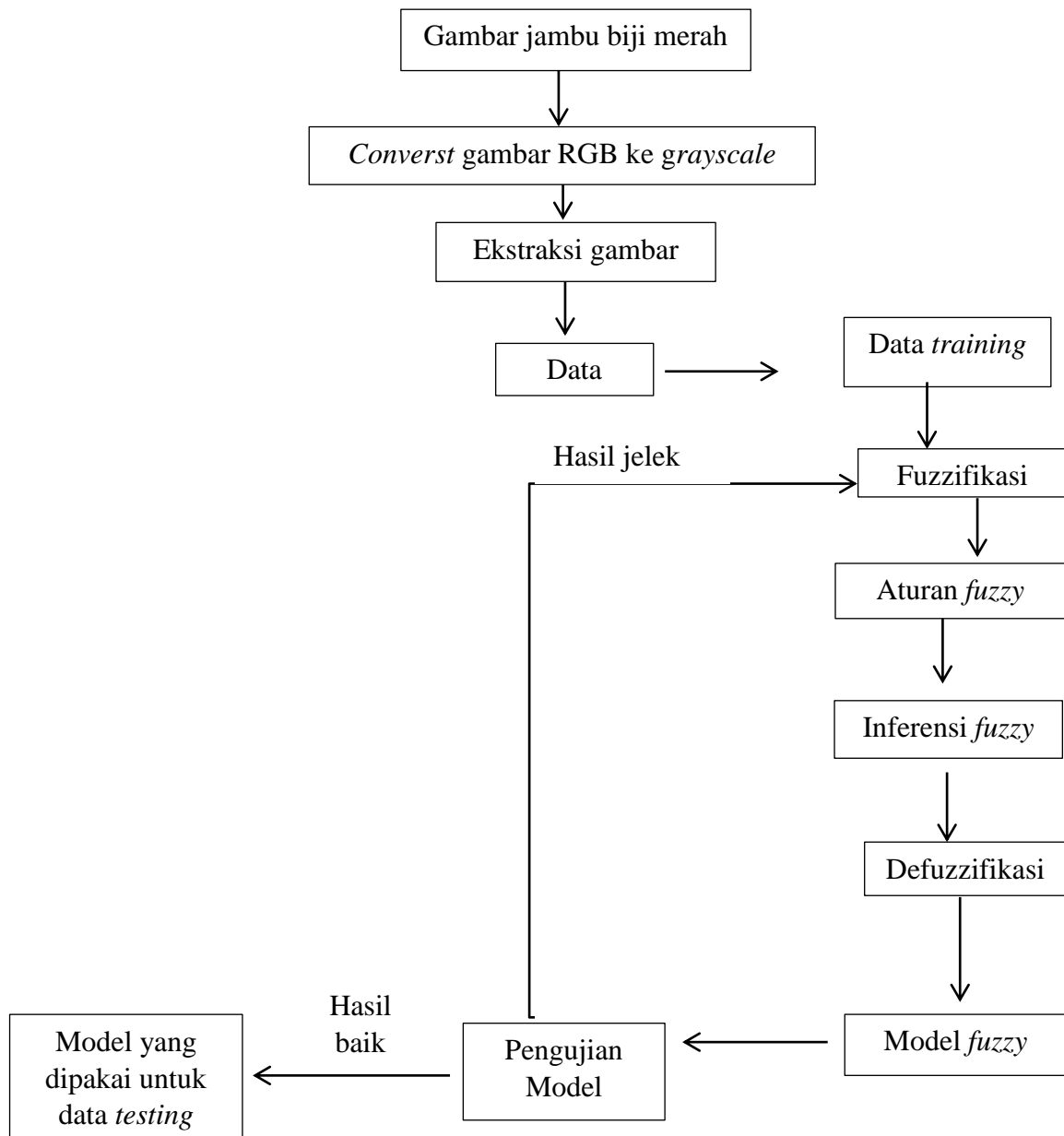
Gambar 3. 1 Penulis dengan pemilik toko

B. Teknik Analisis Data

Analisis data bertujuan untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan menggunakan model *fuzzy*. Tahapan yang dilakukan yaitu:

1. Mengubah tipe gambar dari tipe RGB menjadi tipe *grayscale*.
2. Mengekstrak gambar *grayscale* sehingga didapat *input* yang akan digunakan dalam model *fuzzy*, yaitu : *contrast*, *corrrelation*, *energy*, *homogeneity*, *mean*, *variance*, *standard deviation*, *kurtosis*, *entropy*, *IDM*.
Proses ekstrak gambar dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* MATLAB.
3. Menentukan himpunan universal pada variabel *input*.
4. Menentukan himpunan universal pada variabel *output*.
5. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada *input* dan *output*.
6. Membentuk aturan *fuzzy*.
7. Melakukan inferensi *fuzzy*.
8. Melakukan defuzzifikasi.
9. Melakukan pengujian model *fuzzy*

Secara singkat klasifikasi kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan menggunakan model *fuzzy* jika digambarkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Tahap-tahap penelitian

Gambar jambu biji merah dirubah dari tipe RGB mendaji *grayscale* kemudian diekstraksi. Data hasil ekstraksi digunakan sebagai *input*, data dibagi menjadi dua yaitu *data training* dan *data testing*. *Data training* digunakan untuk membangun model *fuzzy* dari fuzzifikasi sampai defuzzifikasi. Model *fuzzy* yang didapat dilakukan pengujian. Model memberikan hasil jelek kembali ke langkah fuzzifikasi, model dengan hasil baik digunakan untuk *data testing*.

BAB IV

PEMBAHASAN

A. EKSTRAKSI GAMBAR

Ekstraksi gambar merupakan metode untuk memperoleh informasi dari gambar jambu biji merah. Informasi yang dapat diperoleh dari proses ekstraksi sebanyak 22 informasi, namun penelitian ini hanya menggunakan 11 informasi dari gambar yang berhubungan dengan fitur warna. Informasi tersebut adalah *contrast, correlation, energy, homogeneity, mean, variance, standard deviation, skewness, kurtosis, entropy, Inverse difference moment (IDM)*.

Proses ekstraksi dilakukan dengan bantuan *software* MATLAB dengan menggunakan *script* yang telah tersedia. Gambar jambu biji merah bertipe RGB maka perlu dirubah menjadi tipe *grayscale*, karena proses ekstraksi hanya bisa dilakukan pada gambar yang bertipe *grayscale*. Perintah yang digunakan pada *software* MATLAB sebagai berikut:

```
a=imread('2setengahmatang.jpg'); (digunakan untuk membaca gambar)
```



Gambar 4. 1 Gambar Asli (RGB) jambu biji merah

```
c=rgb2gray(a); (digunakan untuk mengubah tipe RGB menjadi tipe grayscale)
```



Gambar 4. 2 Gambar dalam tipe *Grayscale*

Seluruh gambar yang bertipe RGB yang telah dirubah menjadi tipe *grayscale* dapat dilihat pada lampiran 2 untuk data *training* dan lampiran 3 untuk data *testing*.

Setelah selesai proses mengubah gambar bertipe RGB menjadi tipe *grayscale* selajutnya akan dicari informasi dari gambar tersebut dengan bantuan *software* MATLAB. *Script* yang tersedia di MATLAB hanyalah *script* untuk informasi *contrast*, *correlation*, *energy*, *homogeneity* dan *entropy* dengan cara menuliskan script sebagai berikut:

```
a=imread('1busuk.jpg');  
b=imresize(a,[256 256]);  
c=rgb2gray(b);  
d=graycomatrix(c);  
e=graycoprops(d,'all')  
f=entropy(c)
```

maka keluran dari perintah *script* adalah sebagai berikut:

```
Contrast      : 0.1455  
Correlation   : 0.9812  
Energy       : 0.1924  
Homogeneity  : 0.9600  
Entropy      :5.7568
```

Penelitian ini menggunakan 11 *input*, lima *input* sudah dapat diambil langsung dari *script* yang tersedia di MATLAB. Enam *input* yang lain dapat cari dengan menggunakan *script* m-file pada MATLAB. *Script* m-file MATLAB untuk ekstraksi gambar terdapat pada lampiran 4. Data yang diperoleh dari ekstraksi gambar akan digunakan untuk klasifikasi tingkat kematangan buah

jambu biji merah. Data hasil dari ekstraksi gambar untuk data *training* terlampir pada lampiran 5 dan untuk data *testing* terlampir pada lampiran 6.

B. Klasifikasi Logika *Fuzzy*

Klasifikasi logika *fuzzy* sebagai dasar model *fuzzy* yang terdiri dari berbagai tahap.

1. Mengidentifikasi himpunan universal (U) untuk setiap *input*.

Himpunan universal merupakan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*, dengan kata lain himpunan universal merupakan range nilai minimum sampai dengan nilai maksimum dari semua data. Berdasarkan data yang diperoleh dari proses ekstraksi gambar maka himpunan universal dari setiap *input* sebagai berikut:

a. *Contrast*

Himpunan universal untuk *contrast* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 0.095588 dan nilai maksimum 0.19458. Maka himpunan universal untuk *contrast* yaitu $U_A = [0.095588 \ 0.19458]$.

b. *Correlation*

Himpunan universal untuk *correlation* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 0.97677 dan nilai maksimum 0.98874. Maka himpunan universal untuk *correlation* yaitu $U_B = [0.97677 \ 0.98874]$.

c. *Energy*

Himpunan universal untuk *energy* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 0.17236 dan nilai maksimum 0.54722. Maka himpunan universal untuk *energy* yaitu $U_C = [0.17236 \ 0.54722]$.

d. *Homogeneity*

Himpunan universal untuk *homogeneity* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 0.94239 dan nilai maksimum 0.97939. Maka himpunan universal untuk *homogeneity* yaitu $U_D = [0.94239 \ 0.97939]$.

e. *Mean*

Himpunan universal untuk *mean* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 131.4935 dan nilai maksimum 222.6005. Maka himpunan universal untuk *mean* yaitu $U_E = [131.4935 \ 222.6005]$.

f. *Variance*

Himpunan universal untuk *variance* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 3367.84 dan nilai maksimum 7219.0881. Maka himpunan universal untuk *variance* yaitu $U_F = [3367.84 \ 7219.0881]$.

g. *Standard deviation*

Himpunan universal untuk *standard deviation* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 58.0331 dan nilai maksimum 84.9652. Maka himpunan universal untuk *standard deviation* yaitu $U_G = [58.0331 \ 84.9652]$.

h. *Skewness*

Himpunan universal untuk *skewness* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum -1.4863 dan nilai maksimum 0.79203. Maka himpunan universal untuk *skewness* yaitu $U_H = [-1.4863 \ 0.79203]$.

i. *Kurtosis*

Himpunan universal untuk *kurtosis* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 1.212 dan nilai maksimum 3.6797. Maka himpunan universal untuk *kurtosis* yaitu $U_I = [1.212 \ 3.6797]$.

j. *Entropy*

Himpunan universal untuk *entropy* dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 2.7926 dan nilai maksimum 6.1629. Maka himpunan universal untuk *entropy* yaitu $U_J = [2.7926 \ 6.1629]$.

k. IDM

Himpunan universal untuk IDM dari proses ekstraksi gambar data *training* adalah nilai minimum 0.000028699 dan nilai maksimum 0.0002869. Maka himpunan universal untuk IDM yaitu $U_K = [0.000028699 \ 0.0002869]$.

2. Mengidentifikasi himpunan universal (V) pada *output*

Tingkat kematangan jambu biji merah memiliki empat kategori yaitu mentah, setengah matang, matang dan busuk. *Output* pada penelitian berupa nilai linguistik sehingga perlu dikonversi menjadi nilai numerik. Cara yang dilakukan dengan memisalkan Mentah angka 1, setengah matang angka 2, matang angka 3 dan busuk angka 4 maka *output* menjadi nilai numerik. Nilai minimum 1 dan nilai maksimum 4 sehingga himpunan universal untuk *output* yaitu $V = [1 \ 4]$.

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada *input*

Data yang diperoleh dari proses ekstraksi gambar merupakan himpunan tegas. Himpunan tegas dikonversi menjadi himpunan *fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan maka tahap ini disebut fuzzifikasi. Penelitian ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk *input* dan *output*, dipilih menggunakan fungsi keanggotaan segitiga karena menghasilkan keakuratan yang baik.

Himpunan *fuzzy* untuk setiap variabel *input* kematangan jambu biji merah dibagi menjadi 9 himpunan. Pembagian himpunan *input* dilakukan dengan mencoba-coba untuk menghasilkan model yang baik. Secara khusus belum ada yang mendeskripsikan pembagian dari *input-input* yang digunakan. Berikut adalah penjabaran dari himpunan *fuzzy input* data *training* hasil dari ekstraksi gambar.

a. *Contrast*

Fungsi keanggotaan untuk variabel *contrast* sebagai berikut:

$$\mu_{A_1}[x] = \begin{cases} \frac{0.108 - x}{0.0124}; & 0.09559 \leq x \leq 0.108 \\ 0; & x \geq 0.1108 \end{cases}$$

$$\mu_{A_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.09559 \text{ atau } x \geq 0.1203 \\ \frac{x - 0.09559}{0.0124}; & 0.09559 \leq x \leq 0.108 \\ \frac{0.1203 - x}{0.0123}; & 0.108 \leq x \leq 0.1203 \end{cases}$$

$$\mu_{A_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.108 \text{ atau } x \geq 0.1327 \\ \frac{x - 0.108}{0.0123}; & 0.108 \leq x \leq 0.1203 \\ \frac{0.1327 - x}{0.0124}; & 0.1203 \leq x \leq 0.1327 \end{cases}$$

$$\mu_{A_4}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1203 \text{ atau } x \geq 0.1451 \\ \frac{x - 0.1203}{0.0124}; 0.1203 \leq x \leq 0.1327 \\ \frac{0.1451 - x}{0.0124}; 0.1327 \leq x \leq 0.1451 \end{cases}$$

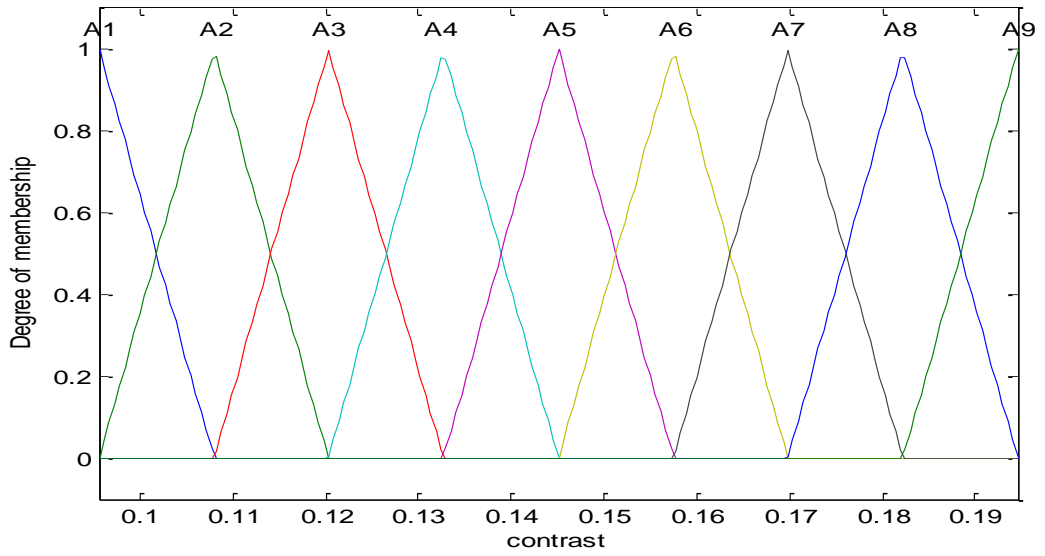
$$\mu_{A_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1327 \text{ atau } x \geq 0.1575 \\ \frac{x - 0.1327}{0.0124}; 0.1327 \leq x \leq 0.1451 \\ \frac{0.1575 - x}{0.0124}; 0.1451 \leq x \leq 0.1575 \end{cases}$$

$$\mu_{A_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1451 \text{ atau } x \geq 0.1698 \\ \frac{x - 0.1451}{0.0124}; 0.1451 \leq x \leq 0.1575 \\ \frac{0.1698 - x}{0.0123}; 0.1575 \leq x \leq 0.1698 \end{cases}$$

$$\mu_{A_7}[x] = \begin{cases} 0; 0.1575 \leq x \text{ atau } x \geq 0.1822 \\ \frac{x - 0.1575}{0.0123}; 0.1575 \leq x \leq 0.1698 \\ \frac{0.1822 - x}{0.0124}; 0.1698 \leq x \leq 0.1822 \end{cases}$$

$$\mu_{A_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1698 \text{ atau } x \geq 0.1946 \\ \frac{x - 0.1698}{0.0124}; 0.1698 \leq x \leq 0.1822 \\ \frac{0.1946 - x}{0.0124}; 0.1822 \leq x \leq 0.1946 \end{cases}$$

$$\mu_{A_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.1822 \\ \frac{x - 0.1822}{0.0124}; 0.1822 \leq x \leq 0.1946 \\ 1; x \geq 0.1946 \end{cases}$$



Gambar 4. 3 Grafik fungsi keanggotaan variabel *contrast*

b. *Correlation*

Fungsi keanggotaan variabel *correlation*, sebagai berikut:

$$\mu_{B_1}[x] = \begin{cases} \frac{0.9783 - x}{0.0015}; & 0.9768 \leq x \leq 0.9783 \\ 0; & x \geq 0.9783 \end{cases}$$

$$\mu_{B_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.9768 \text{ atau } x \geq 0.9798 \\ \frac{x - 0.968}{0.0015}; & 0.9768 \leq x \leq 0.9783 \\ \frac{0.9798 - x}{0.0015}; & 0.9783 \leq x \leq 0.9798 \end{cases}$$

$$\mu_{B_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.9783 \text{ atau } x \geq 0.9813 \\ \frac{x - 0.9783}{0.0015}; & 0.9783 \leq x \leq 0.9798 \\ \frac{0.9828 - x}{0.0015}; & 0.9798 \leq x \leq 0.9813 \end{cases}$$

$$\mu_{B_4}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.9798 \text{ atau } x \geq 0.9828 \\ \frac{x - 0.9798}{0.0015}; & 0.9798 \leq x \leq 0.9813 \\ \frac{0.9828 - x}{0.0015}; & 0.9813 \leq x \leq 0.9828 \end{cases}$$

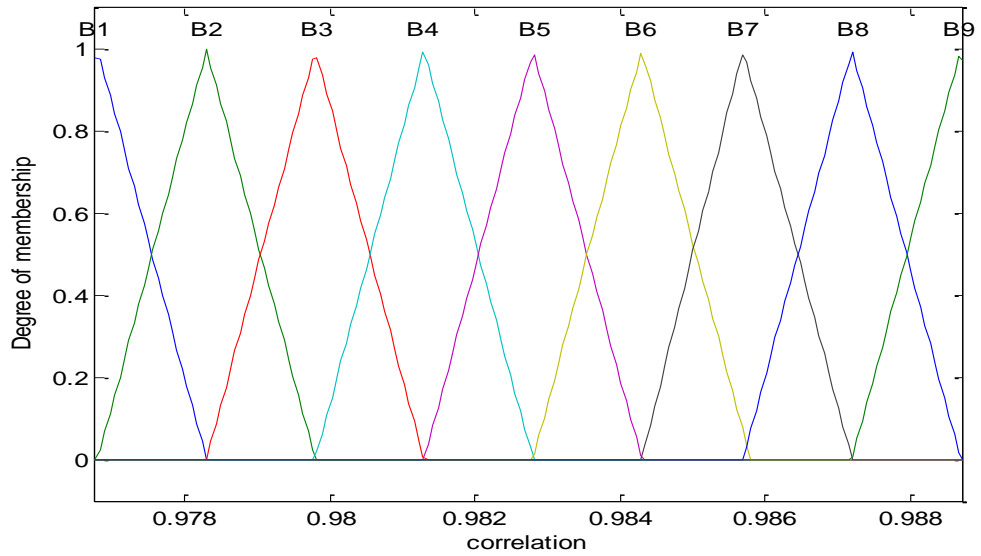
$$\mu_{B_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9813 \text{ atau } x \geq 0.9843 \\ \frac{x - 0.9813}{0.0015}; 0.9813 \leq x \leq 0.9828 \\ \frac{0.9843 - x}{0.0015}; 0.9828 \leq x \leq 0.9843 \end{cases}$$

$$\mu_{B_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9828 \text{ atau } x \geq 0.9858 \\ \frac{x - 0.9828}{0.0015}; 0.9828 \leq x \leq 0.9843 \\ \frac{0.9858 - x}{0.0015}; 0.9843 \leq x \leq 0.9858 \end{cases}$$

$$\mu_{B_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9843 \text{ atau } x \geq 0.9872 \\ \frac{x - 0.9843}{0.0015}; 0.9843 \leq x \leq 0.9857 \\ \frac{0.9872 - x}{0.0015}; 0.9857 \leq x \leq 0.9872 \end{cases}$$

$$\mu_{B_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9857 \text{ atau } x \geq 0.9887 \\ \frac{x - 0.9857}{0.0015}; 0.9857 \leq x \leq 0.9872 \\ \frac{0.9887 - x}{0.0015}; 0.9872 \leq x \leq 0.9887 \end{cases}$$

$$\mu_{B_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9872 \\ \frac{x - 0.9872}{0.0015}; 0.9872 \leq x \leq 0.9887 \\ 1; x \geq 0.9887 \end{cases}$$



Gambar 4. 4 Grafik fungsi keanggotaan variabel *correlation*

c. *Energy*

Fungsi keanggotaan variabel *energy*, sebagai berikut:

$$\mu_{c_1}[x] = \begin{cases} \frac{0.2192 - x}{0.0323}; & 0.1724 \leq x \leq 0.2192 \\ 0; & x \geq 0.2192 \end{cases}$$

$$\mu_{c_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.1724 \text{ atau } x \geq 0.2661 \\ \frac{x - 0.1724}{0.0468}; & 0.1724 \leq x \leq 0.2192 \\ \frac{0.2661 - x}{0.0469}; & 0.2192 \leq x \leq 0.2661 \end{cases}$$

$$\mu_{c_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.2192 \text{ atau } x \geq 0.3129 \\ \frac{x - 0.2192}{0.0469}; & 0.2192 \leq x \leq 0.2661 \\ \frac{0.3129 - x}{0.0468}; & 0.2661 \leq x \leq 0.3129 \end{cases}$$

$$\mu_{c_4}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.2661 \text{ atau } x \geq 0.3598 \\ \frac{x - 0.2661}{0.0468}; & 0.2661 \leq x \leq 0.3129 \\ \frac{0.3598 - x}{0.0469}; & 0.3129 \leq x \leq 0.3598 \end{cases}$$

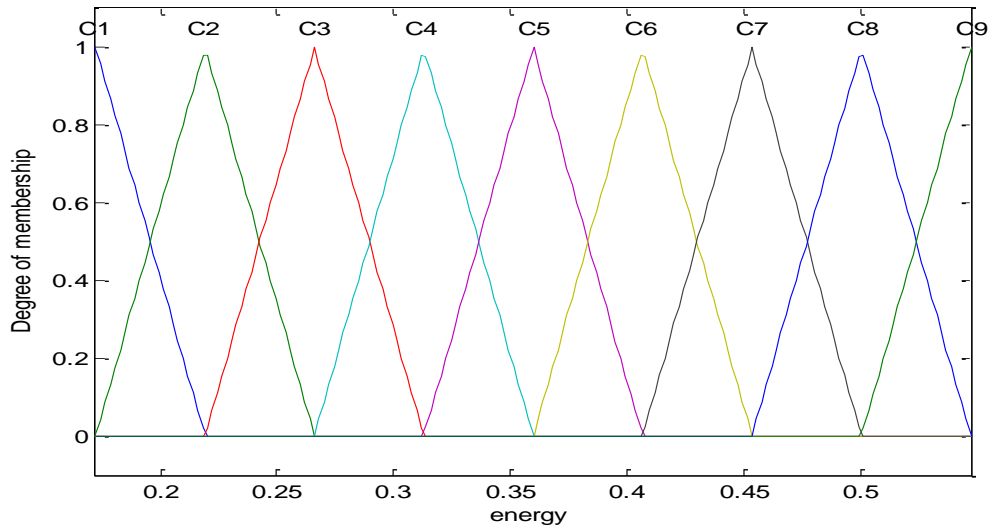
$$\mu_{c_5}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.3129 \text{ atau } x \geq 0.4066 \\ \frac{x - 0.3129}{0.0469}; & 0.3129 \leq x \leq 0.3598 \\ \frac{0.4066 - x}{0.0468}; & 0.3598 \leq x \leq 0.4066 \end{cases}$$

$$\mu_{c_6}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.3598 \text{ atau } x \geq 0.4535 \\ \frac{x - 0.3598}{0.0468}; & 0.3598 \leq x \leq 0.4066 \\ \frac{0.4535 - x}{0.0469}; & 0.4066 \leq x \leq 0.4535 \end{cases}$$

$$\mu_{c_7}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.4066 \text{ atau } x \geq 0.5004 \\ \frac{x - 0.4066}{0.0469}; & 0.4066 \leq x \leq 0.4535 \\ \frac{0.5004 - x}{0.0469}; & 0.4535 \leq x \leq 0.5004 \end{cases}$$

$$\mu_{c_8}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.4535 \text{ atau } x \geq 0.5472 \\ \frac{x - 0.4535}{0.0469}; & 0.4535 \leq x \leq 0.5004 \\ \frac{0.5472 - x}{0.0468}; & 0.5004 \leq x \leq 0.5472 \end{cases}$$

$$\mu_{C_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.5004 \\ \frac{x - 0.5004}{0.0468}; 0.5004 \leq x \leq 0.5472 \\ 1; x \geq 0.5472 \end{cases}$$



Gambar 4. 5 Grafik fungsi keanggotaan variabel *energy*

d. *Homogeneity*

Fungsi keanggotaan variabel *homogeneity*, sebagai berikut:

$$\mu_{D_1}[x] = \begin{cases} \frac{0.9424 - x}{0.0046}; 0.9424 \leq x \leq 0.947 \\ 0; x \geq 0.947 \end{cases}$$

$$\mu_{D_2}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9424 \text{ atau } x \geq 0.9516 \\ \frac{x - 0.9424}{0.0046}; 0.9424 \leq x \leq 0.947 \\ \frac{0.9516 - x}{0.0046}; 0.947 \leq x \leq 0.9516 \end{cases}$$

$$\mu_{D_3}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.947 \text{ atau } x \geq 0.9563 \\ \frac{x - 0.947}{0.0046}; 0.947 \leq x \leq 0.9516 \\ \frac{0.9563 - x}{0.0047}; 0.9516 \leq x \leq 0.9563 \end{cases}$$

$$\mu_{D_4}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9516 \text{ atau } x \geq 0.9609 \\ \frac{x - 0.9516}{0.0047}; 0.9516 \leq x \leq 0.9563 \\ \frac{0.9609 - x}{0.0046}; 0.9563 \leq x \leq 0.9609 \end{cases}$$

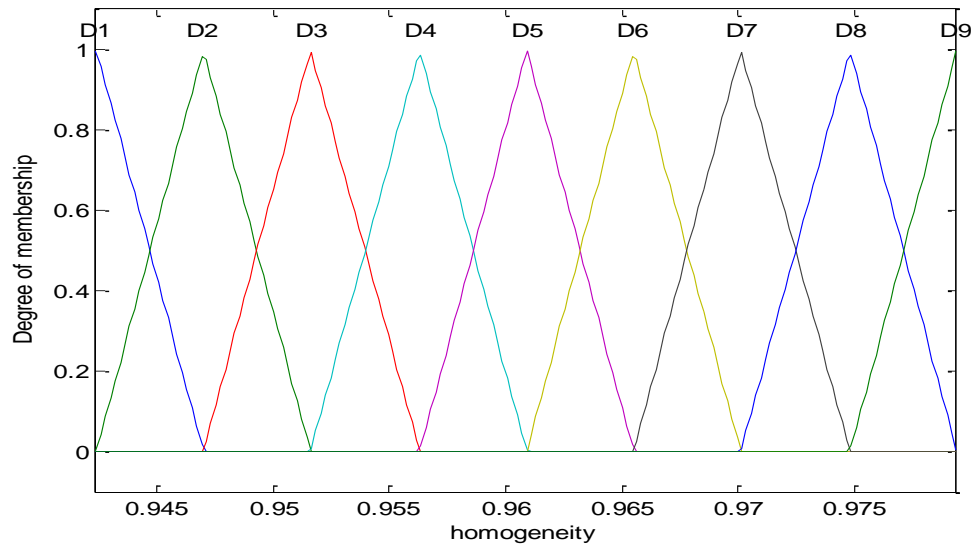
$$\mu_{D_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9563 \text{ atau } x \geq 0.9655 \\ \frac{x - 0.9563}{0.0046}; 0.9563 \leq x \leq 0.9609 \\ \frac{0.9655 - x}{0.0046}; 0.9609 \leq x \leq 0.9655 \end{cases}$$

$$\mu_{D_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9609 \text{ atau } x \geq 0.9701 \\ \frac{x - 0.9609}{0.0046}; 0.9609 \leq x \leq 0.9655 \\ \frac{0.9701 - x}{0.0046}; 0.9655 \leq x \leq 0.9701 \end{cases}$$

$$\mu_{D_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9655 \text{ atau } x \geq 0.9748 \\ \frac{x - 0.9655}{0.0046}; 0.9655 \leq x \leq 0.9701 \\ \frac{0.9748 - x}{0.0047}; 0.9701 \leq x \leq 0.9748 \end{cases}$$

$$\mu_{D_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9701 \text{ atau } x \geq 0.9794 \\ \frac{x - 0.9701}{0.0047}; 0.9701 \leq x \leq 0.9748 \\ \frac{0.994 - x}{0.0046}; 0.9748 \leq x \leq 0.9794 \end{cases}$$

$$\mu_{D_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.9748 \\ \frac{x - 0.9748}{0.0046}; 0.9748 \leq x \leq 0.9794 \\ 1; x \geq 0.9794 \end{cases}$$



Gambar 4. 6 Grafik fungsi keanggotaan variabel *homogeneity*

e. *Mean*

Fungsi keanggotaan variabel *mean*, sebagai berikut:

$$\mu_{E_1}[x] = \begin{cases} \frac{131.5 - x}{11.4}; & 131.5 \leq x \leq 142.9 \\ 0; & x \geq 142.9 \end{cases}$$

$$\mu_{E_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 131.5 \text{ atau } x \geq 154.3 \\ \frac{x - 131.5}{11.4}; & 131.5 \leq x \leq 142.9 \\ \frac{154.3 - x}{11.4}; & 142.9 \leq x \leq 154.3 \end{cases}$$

$$\mu_{E_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 142.9 \text{ atau } x \geq 165.7 \\ \frac{x - 142.9}{11.4}; & 142.9 \leq x \leq 154.3 \\ \frac{165.7 - x}{11.4}; & 154.3 \leq x \leq 165.7 \end{cases}$$

$$\mu_{E_4}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 154.3 \text{ atau } x \geq 177 \\ \frac{x - 154.3}{11.4}; & 154.3 \leq x \leq 165.7 \\ \frac{177 - x}{11.3}; & 165.7 \leq x \leq 177 \end{cases}$$

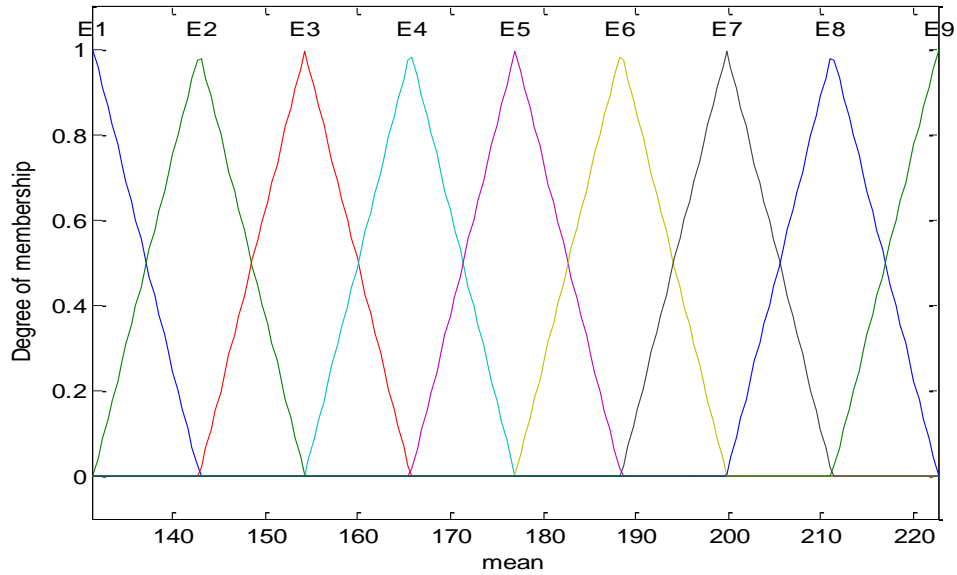
$$\mu_{E_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 165.7 \text{ atau } x \geq 188.4 \\ \frac{x - 165.7}{11.3}; 165.7 \leq x \leq 177 \\ \frac{188.4 - x}{11.3}; 177 \leq x \leq 188.4 \end{cases}$$

$$\mu_{E_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 177 \text{ atau } x \geq 199.8 \\ \frac{x - 177}{11.4}; 177 \leq x \leq 188.4 \\ \frac{198.8 - x}{11.4}; 188.4 \leq x \leq 199.8 \end{cases}$$

$$\mu_{E_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 188.4 \text{ atau } x \geq 211.2 \\ \frac{x - 188.4}{11.4}; 188.4 \leq x \leq 199.8 \\ \frac{211.2 - x}{11.4}; 199.8 \leq x \leq 211.2 \end{cases}$$

$$\mu_{E_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 199.8 \text{ atau } x \geq 222.6 \\ \frac{x - 199.8}{11.4}; 199.8 \leq x \leq 211.2 \\ \frac{222.6 - x}{11.4}; 211.2 \leq x \leq 222.6 \end{cases}$$

$$\mu_{E_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 211.2 \\ \frac{x - 211.2}{11.4}; 199.8 \leq x \leq 222.6 \\ 1; x \geq 222.6 \end{cases}$$



Gambar 4. 7 Grafik fungsi keanggotaan variabel *mean*

f. *Variance*

Fungsi keanggotaan variabel *variance*, sebagai berikut:

$$\mu_{F_1}[x] = \begin{cases} \frac{3368 - x}{481}; & 3368 \leq x \leq 3849 \\ 0; & x \geq 3849 \end{cases}$$

$$\mu_{F_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 3368 \text{ atau } x \geq 4331 \\ \frac{x - 3368}{481}; & 3368 \leq x \leq 3849 \\ \frac{4331 - x}{482}; & 3849 \leq x \leq 4331 \end{cases}$$

$$\mu_{F_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 3849 \text{ atau } x \geq 4812 \\ \frac{x - 3849}{482}; & 3894 \leq x \leq 4331 \\ \frac{4812 - x}{481}; & 4331 \leq x \leq 4812 \end{cases}$$

$$\mu_{F_4}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 4331 \text{ atau } x \geq 5293 \\ \frac{x - 4331}{481}; & 4331 \leq x \leq 4812 \\ \frac{5293 - x}{481}; & 4812 \leq x \leq 5293 \end{cases}$$

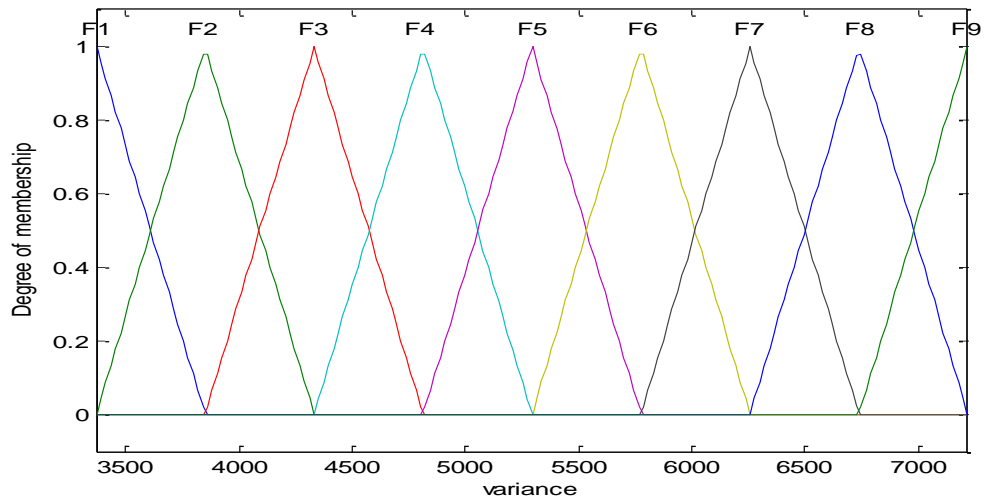
$$\mu_{F_5}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 4812 \text{ atau } x \geq 5775 \\ \frac{x - 4812}{481}; & 4812 \leq x \leq 5293 \\ \frac{5775 - x}{482}; & 5293 \leq x \leq 5775 \end{cases}$$

$$\mu_{F_6}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 5293 \text{ atau } x \geq 6256 \\ \frac{x - 5293}{482}; & 5293 \leq x \leq 5775 \\ \frac{6256 - x}{481}; & 5775 \leq x \leq 6256 \end{cases}$$

$$\mu_{F_7}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 5775 \text{ atau } x \geq 6738 \\ \frac{x - 5775}{481}; & 5775 \leq x \leq 6256 \\ \frac{6738 - x}{482}; & 6256 \leq x \leq 6738 \end{cases}$$

$$\mu_{F_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 6256 \text{ atau } x \geq 7219 \\ \frac{6256 - x}{482}; 6256 \leq x \leq 6738 \\ \frac{7219 - x}{481}; 6738 \leq x \leq 7219 \end{cases}$$

$$\mu_{F_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 6738 \\ \frac{x - 6738}{481}; 6738 \leq x \leq 7219 \\ 1; x \geq 7219 \end{cases}$$



Gambar 4. 8 Grafik fungsi keanggotaan variabel *variance*

g. *Standard deviation*

Fungsi keanggotaan variabel *standard deviation*, sebagai berikut:

$$\mu_{G_1}[x] = \begin{cases} \frac{58.03 - x}{3.37}; 58.03 \leq x \leq 61.4 \\ 0; x \geq 61.4 \end{cases}$$

$$\mu_{G_2}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 58.03 \text{ atau } x \geq 64.76 \\ \frac{x - 58.03}{3.37}; 58.03 \leq x \leq 61.4 \\ \frac{64.76 - x}{3.38}; 61.4 \leq x \leq 64.76 \end{cases}$$

$$\mu_{G_3}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 61.4 \text{ atau } x \geq 68.13 \\ \frac{x - 61.4}{3.38}; 61.4 \leq x \leq 64.76 \\ \frac{68.13 - x}{3.37}; 64.76 \leq x \leq 68.13 \end{cases}$$

$$\mu_{G_4}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 64.76 \text{ atau } x \geq 71.49 \\ \frac{x - 64.76}{3.37}; 64.76 \leq x \leq 68.13 \\ \frac{71.49 - x}{3.36}; 68.13 \leq x \leq 71.49 \end{cases}$$

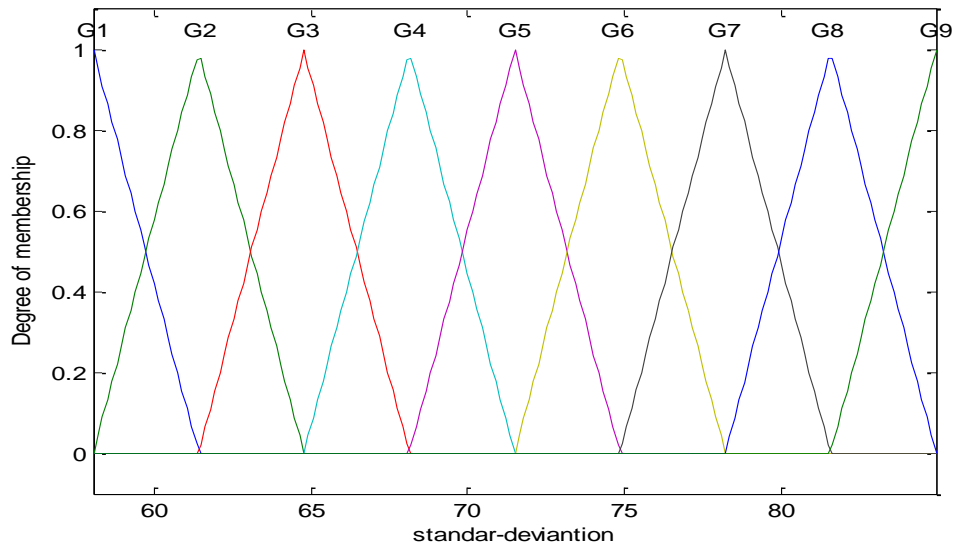
$$\mu_{G_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 68.13 \text{ atau } x \geq 74.85 \\ \frac{x - 68.13}{3.36}; 68.13 \leq x \leq 71.49 \\ \frac{74.85 - x}{3.36}; 71.49 \leq x \leq 74.85 \end{cases}$$

$$\mu_{G_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 71.49 \text{ atau } x \geq 78.22 \\ \frac{x - 71.49}{3.37}; 71.49 \leq x \leq 74.85 \\ \frac{78.22 - x}{3.37}; 74.85 \leq x \leq 78.22 \end{cases}$$

$$\mu_{G_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 74.85 \text{ atau } x \geq 81.58 \\ \frac{x - 74.85}{3.37}; 74.85 \leq x \leq 78.22 \\ \frac{81.58 - x}{3.36}; 78.22 \leq x \leq 81.58 \end{cases}$$

$$\mu_{G_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 78.22 \text{ atau } x \geq 84.95 \\ \frac{x - 78.22}{3.36}; 78.22 \leq x \leq 81.58 \\ \frac{84.95 - x}{3.37}; 81.58 \leq x \leq 84.95 \end{cases}$$

$$\mu_{G_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 81.58 \\ \frac{x - 81.58}{3.37}; 81.58 \leq x \leq 84.95 \\ 1; x \geq 84.95 \end{cases}$$



Gambar 4. 9 Grafik fungsi keanggotaan variabel *standard deviation*

h. *Skewness*

Fungsi keanggotaan variabel *skewness*, sebagai berikut:

$$\mu_{H_1}[x] = \begin{cases} \frac{-1.486 - x}{0.284}; & -1.486 \leq x \leq -1.202 \\ 0; & x \geq -1.202 \end{cases}$$

$$\mu_{H_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq -1.486 \text{ atau } x \geq -0.9167 \\ \frac{x - (-1.486)}{0.284}; & -1.486 \leq x \leq -1.202 \\ \frac{-0.9167 - x}{0.285}; & -1.202 \leq x \leq -0.9167 \end{cases}$$

$$\mu_{H_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq -1.202 \text{ atau } x \geq -0.6319 \\ \frac{x - (-1.202)}{0.285}; & -1.202 \leq x \leq -0.9167 \\ \frac{-0.6319 - (-x)}{0.2848}; & -0.9167 \leq x \leq -0.6319 \end{cases}$$

$$\mu_{H_4}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq -0.9167 \text{ atau } x \geq -0.3471 \\ \frac{x - (-0.9167)}{0.2848}; & -0.9167 \leq x \leq -0.6319 \\ \frac{-0.3471 - (-x)}{0.284}; & -0.6319 \leq x \leq -0.3471 \end{cases}$$

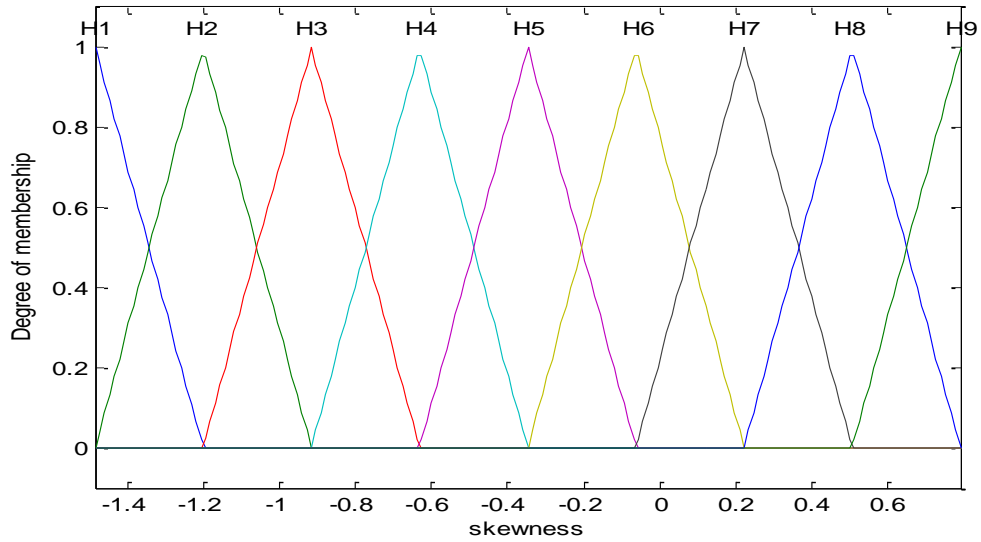
$$\mu_{H_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq -0.6319 \text{ atau } x \geq -0.06234 \\ \frac{x - (-0.6319)}{0.2848}; -0.6319 \leq x \leq -0.3471 \\ \frac{-0.06234 - (-x)}{0.2848}; -0.3471 \leq x \leq -0.06234 \end{cases}$$

$$\mu_{H_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq -0.3471 \text{ atau } x \geq 0.2224 \\ \frac{x - (-0.3471)}{0.2848}; -0.3471 \leq x \leq -0.06234 \\ \frac{0.2224 - x}{0.2848}; -0.06234 \leq x \leq 0.2224 \end{cases}$$

$$\mu_{H_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq -0.06234 \text{ atau } x \geq 0.5072 \\ \frac{x - (-0.06234)}{0.2848}; -0.06234 \leq x \leq 0.2224 \\ \frac{0.5072 - x}{0.2848}; 0.2224 \leq x \leq 0.5072 \end{cases}$$

$$\mu_{H_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.2224 \text{ atau } x \geq 0.792 \\ \frac{x - 0.2224}{0.2848}; 0.2224 \leq x \leq 0.5072 \\ \frac{0.792 - x}{0.2848}; 0.5072 \leq x \leq 0.792 \end{cases}$$

$$\mu_{H_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.5072 \\ \frac{x - 0.5072}{0.2848}; 0.5072 \leq x \leq 0.792 \\ 1; x \geq 0.792 \end{cases}$$



Gambar 4. 10 Grafik fungsi keanggotaan variabel *skewness*

i. *Kurtosis*

Fungsi keanggotaan variabel *kurtosis*, sebagai berikut:

$$\mu_{I_1}[x] = \begin{cases} \frac{1.52 - x}{0.308}; 1.212 \leq x \leq 1.52 \\ 0; x \geq 1.52 \end{cases}$$

$$\mu_{I_2}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 1.212 \text{ atau } x \geq 1.829 \\ \frac{x - 1.212}{0.308}; 1.212 \leq x \leq 1.52 \\ \frac{1.829 - x}{0.309}; 1.52 \leq x \leq 1.829 \end{cases}$$

$$\mu_{I_3}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 1.52 \text{ atau } x \geq 2.137 \\ \frac{x - 1.52}{0.309}; 1.52 \leq x \leq 1.829 \\ \frac{2.137 - x}{0.308}; 1.829 \leq x \leq 2.137 \end{cases}$$

$$\mu_{I_4}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 1.829 \text{ atau } x \geq 2.446 \\ \frac{x - 1.829}{0.308}; 1.829 \leq x \leq 2.137 \\ \frac{2.446 - x}{0.309}; 2.137 \leq x \leq 2.446 \end{cases}$$

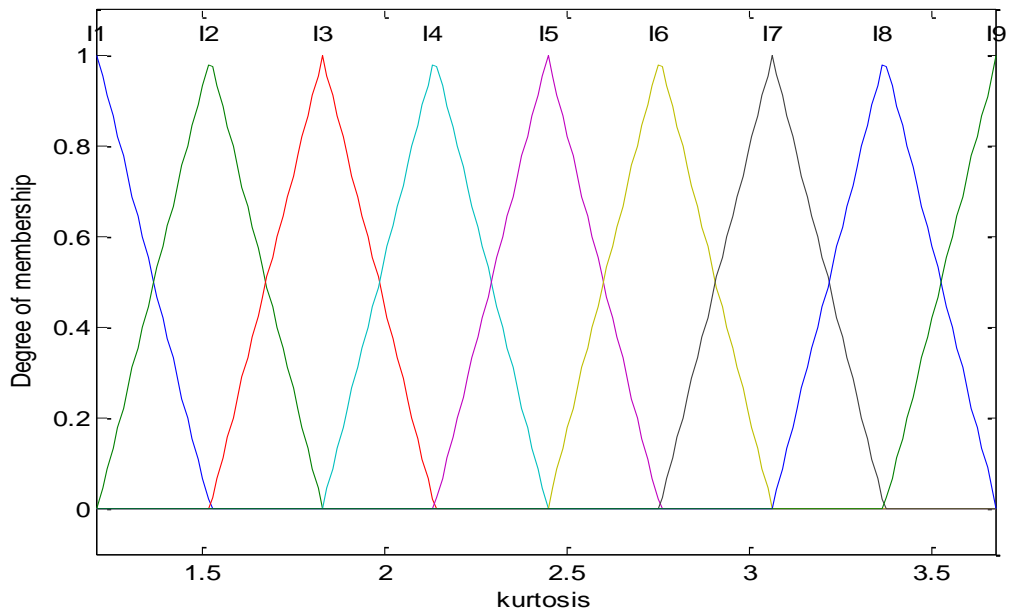
$$\mu_{I_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 2.137 \text{ atau } x \geq 2.754 \\ \frac{x - 2.137}{0.309}; 2.137 \leq x \leq 2.446 \\ \frac{2.754 - x}{0.308}; 2.446 \leq x \leq 2.754 \end{cases}$$

$$\mu_{I_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 2.446 \text{ atau } x \geq 3.063 \\ \frac{x - 2.446}{0.308}; 2.446 \leq x \leq 2.754 \\ \frac{3.063 - x}{0.309}; 2.754 \leq x \leq 3.063 \end{cases}$$

$$\mu_{I_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 2.754 \text{ atau } x \geq 3.371 \\ \frac{x - 2.754}{0.309}; 2.754 \leq x \leq 3.063 \\ \frac{3.371 - x}{0.308}; 3.063 \leq x \leq 3.371 \end{cases}$$

$$\mu_{I_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 3.063 \text{ atau } x \geq 3.68 \\ \frac{x - 3.063}{0.308}; 3.063 \leq x \leq 3.371 \\ \frac{3.68 - x}{0.309}; 3.371 \leq x \leq 3.68 \end{cases}$$

$$\mu_{I_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 3.371 \\ \frac{x - 3.371}{0.309}; 3.371 \leq x \leq 3.68 \\ 1; x \geq 3.68 \end{cases}$$



Gambar 4. 11 Grafik fungsi keanggotaan variabel *kurtosis*

j. *Entropy*

Fungsi keanggotaan variabel *entropy*, sebagai berikut:

$$\mu_{J_1}[x] = \begin{cases} \frac{3.214 - x}{0.421}; 2.793 \leq x \leq 3.214 \\ 0; x \geq 3.214 \end{cases}$$

$$\mu_{J_2}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 2.793 \text{ atau } x \geq 3.635 \\ \frac{x - 2.793}{0.421}; 2.793 \leq x \leq 3.214 \\ \frac{3.635 - x}{0.421}; 3.214 \leq x \leq 3.635 \end{cases}$$

$$\mu_{J_3}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 3.214 \text{ atau } x \geq 4.057 \\ \frac{x - 3.214}{0.421}; 3.214 \leq x \leq 3.635 \\ \frac{4.057 - x}{0.422}; 3.635 \leq x \leq 4.057 \end{cases}$$

$$\mu_{J_4}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 3.635 \text{ atau } x \geq 4.478 \\ \frac{x - 3.635}{0.422}; 3.635 \leq x \leq 4.057 \\ \frac{4.478 - x}{0.421}; 4.057 \leq x \leq 4.478 \end{cases}$$

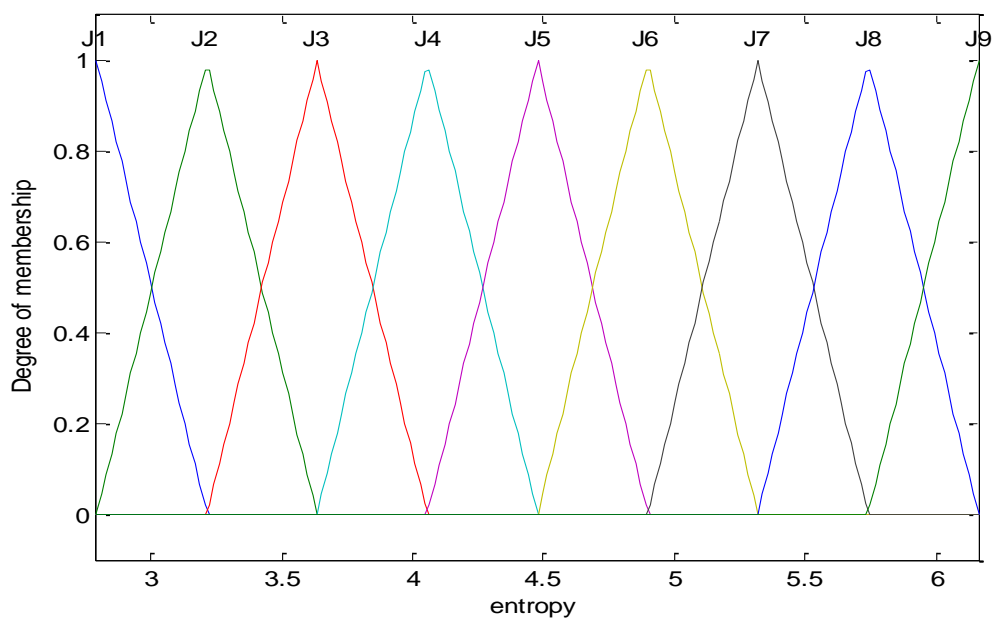
$$\mu_{J_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4.057 \text{ atau } x \geq 4.899 \\ \frac{x - 4.057}{0.421}; 4.057 \leq x \leq 4.478 \\ \frac{4.899 - x}{0.421}; 4.478 \leq x \leq 4.899 \end{cases}$$

$$\mu_{J_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4.478 \text{ atau } x \geq 5.32 \\ \frac{x - 4.478}{0.421}; 4.478 \leq x \leq 4.899 \\ \frac{5.32 - x}{0.421}; 4.899 \leq x \leq 5.32 \end{cases}$$

$$\mu_{J_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4.899 \text{ atau } x \geq 5.742 \\ \frac{x - 4.889}{0.421}; 4.889 \leq x \leq 5.32 \\ \frac{5.742 - x}{0.422}; 5.32 \leq x \leq 5.742 \end{cases}$$

$$\mu_{J_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 5.32 \text{ atau } x \geq 6.163 \\ \frac{x - 5.32}{0.422}; 5.32 \leq x \leq 5.742 \\ \frac{6.163 - x}{0.421}; 5.742 \leq x \leq 6.163 \end{cases}$$

$$\mu_{J_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 5.742 \\ \frac{x - 5.742}{0.421}; 5.742 \leq x \leq 6.163 \\ 1; x \geq 6.163 \end{cases}$$



Gambar 4. 12 Grafik fungsi keanggotaan variabel *entropy*

k. IDM

Fungsi keanggotaan variabel IDM, sebagai berikut:

$$\mu_{K_1}[x] = \begin{cases} \frac{0.00006097 - x}{0.00003227}; & 0.0000287 \leq x \leq 0.00006097 \\ 0; & x \geq 0.00006097 \end{cases}$$

$$\mu_{K_2}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.0000287 \text{ atau } x \geq 0.00009325 \\ \frac{x - 0.0000287}{0.00003227}; & 0.0000287 \leq x \leq 0.00006097 \\ \frac{0.00009325 - x}{0.00003228}; & 0.00006097 \leq x \leq 0.00009325 \end{cases}$$

$$\mu_{K_3}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.00006097 \text{ atau } x \geq 0.0001255 \\ \frac{x - 0.00006097}{0.00003228}; & 0.00006097 \leq x \leq 0.00009325 \\ \frac{0.0001255 - x}{0.00003225}; & 0.00009325 \leq x \leq 0.0001255 \end{cases}$$

$$\mu_{K_4}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.00009325 \text{ atau } x \geq 0.0001578 \\ \frac{x - 0.0009325}{0.00003225}; 0.00009325 \leq x \leq 0.0001255 \\ \frac{0.0001578 - x}{0.0000323}; 0.0001255 \leq x \leq 0.0001578 \end{cases}$$

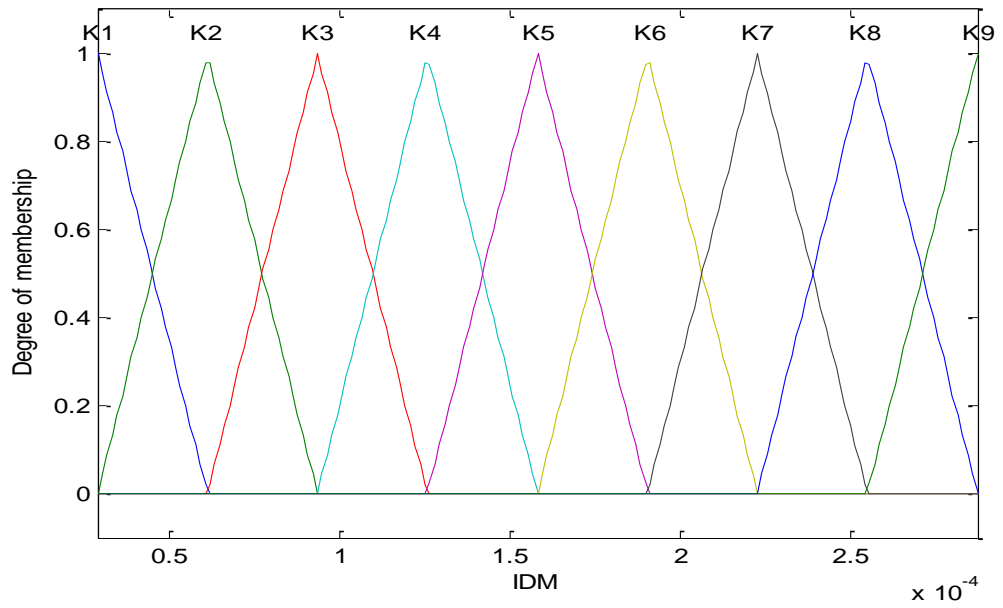
$$\mu_{K_5}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.0001255 \text{ atau } x \geq 0.0001901 \\ \frac{x - 0.0001255}{0.0000323}; 0.0001255 \leq x \leq 0.0001578 \\ \frac{0.0001901 - x}{0.0000323}; 0.0001578 \leq x \leq 0.0001901 \end{cases}$$

$$\mu_{K_6}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.0001578 \text{ atau } x \geq 0.0002223 \\ \frac{x - 0.0001578}{0.0000323}; 0.0001578 \leq x \leq 0.0001901 \\ \frac{0.0002223 - x}{0.0000322}; 0.0001901 \leq x \leq 0.0002223 \end{cases}$$

$$\mu_{K_7}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.0001901 \text{ atau } x \geq 0.0002546 \\ \frac{x - 0.0001901}{0.0000322}; 0.0001901 \leq x \leq 0.0002223 \\ \frac{0.0002546 - x}{0.0000323}; 0.0002223 \leq x \leq 0.0002546 \end{cases}$$

$$\mu_{K_8}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.0002223 \text{ atau } x \geq 0.0002869 \\ \frac{x - 0.0002223}{0.0000323}; 0.0002223 \leq x \leq 0.0002546 \\ \frac{0.0002869 - x}{0.0000323}; 0.0002546 \leq x \leq 0.0002869 \end{cases}$$

$$\mu_{K_9}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 0.0002546 \\ \frac{x - 0.0002546}{0.0000323}; 0.0002546 \leq x \leq 0.0002869 \\ 1; x \geq 0.0002869 \end{cases}$$



Gambar 4. 13 Grafik fungsi keanggotaan variabel IDM

4. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada *output*

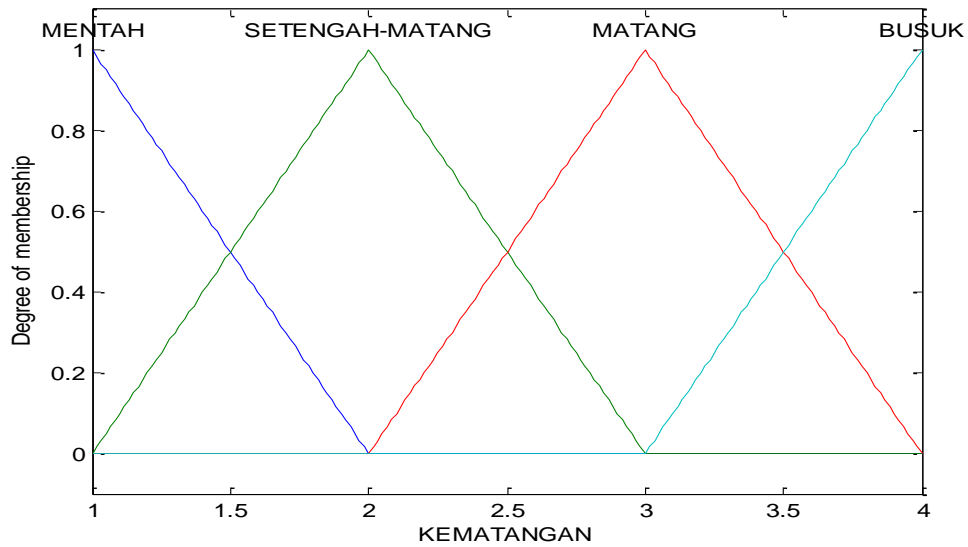
Himpunan *fuzzy output* pada penelitian ini dibagi menjadi empat yaitu mentah, setengah matang, matang dan busuk. Dipresentasikan menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada selang [1 4], yaitu:

$$\mu_{L_{mentah}}[x] = \begin{cases} \frac{2-x}{1} ; 1 \leq x \leq 2 \\ 0 ; x \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{L_{setengah\ matang}}[x] = \begin{cases} 0 ; x \leq 1 \text{ atau } x \geq 2 \\ \frac{1-x}{1} ; 1 \leq x \leq 2 \\ \frac{3-x}{1} ; 2 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

$$\mu_{L_{matang}}[x] = \begin{cases} 0 ; x \leq 2 \text{ atau } x \geq 4 \\ \frac{x-2}{1} ; 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{1} ; 3 \leq x \leq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{L_{busuk}}[x] = \begin{cases} 0 ; x \leq 3 \\ \frac{4-x}{1} ; 3 \leq x \leq 4 \\ 1 ; x \geq 4 \end{cases}$$



Gambar 4. 14 Grafik fungsi keanggotaan *output* kematangan

5. Membentuk aturan *fuzzy* (*if-Then*)

Data *training* yang telah diperoleh dari proses ekstraksi gambar digunakan untuk membangun aturan *fuzzy* dengan cara mencari fungsi keanggotaannya. Fungsi keanggotaan dengan nilai terbesar akan digunakan dalam pembentukan aturan *fuzzy*. Pembentukan aturan *fuzzy* berdasarkan keterkaitan hubungan antara himpunan yang satu dengan himpunan yang lain. Penelitian ini terdapat 11 *input* dan sembilan fungsi keanggotaan di setiap *input*nya. Oleh karena itu, terdapat 11^9 kemungkinan aturan *if-Then* yang akan digunakan. Namun semua aturan tidak dipakai karena aturan yang terbentuk hanya berdasarkan data *training*.

Data *training* yang digunakan adalah 76 data gambar, sehingga terdapat 76 aturan *fuzzy*. 76 aturan didapat dengan menghitung derajat keanggotaan data setiap *input* dan *output*. Nilai derajat keanggotaan terbesar digunakan sebagai representasi aturan dalam himpunan *fuzzy*. Proses untuk mendapatkan aturan *fuzzy*

yang akan dihitung menggunakan MATLAB. Namun akan diberi contoh manual membuat aturan dengan data gambar kedua yaitu gambar jambu biji merah yang setengah matang. Pembuatan aturan ini dapat dilakukan setelah selesai proses ekstraksi sehingga diperoleh 11 variabel *input*.



Gambar 4. 15 Jambu biji merah setengah matang

Berikut ini merupakan hasil ekstraksi gambar data gambar kedua dengan menggunakan *script* m-file pada MATLAB

Tabel 4. 1 Hasil ekstraksi gambar kedua

Data	Hasil ekstraksi
<i>Contrast</i>	0.18021
<i>Correlation</i>	0.9787
<i>Energy</i>	0.17715
<i>Homogeneity</i>	0.94706
<i>Mean</i>	154.8873
<i>Variance</i>	5140.838
<i>Standard deviation</i>	71.6996
<i>Skewness</i>	0.39145
<i>Kurtosis</i>	1.6013
<i>Entropy</i>	5.92
IDM	0.00018456
Klasifikasi	Setengah matang

Hasil ekstraksi dari gambar dikelompokkan dalam himpunan *fuzzy input*

a. *Contrast*

Contrast dari ekstraksi gambar data kedua adalah 0.18021. himpunan *fuzzy* pada *input contrast* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ dan A_9 . $x = 0.18021$ dapat masuk dalam himpunan A_7 dan A_8 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 0.18021$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy contrast*.

$$\mu_{A_1}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_1 = 0$$

$$\mu_{A_2}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_2 = 0$$

$$\mu_{A_3}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_3 = 0$$

$$\mu_{A_4}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_4 = 0$$

$$\mu_{A_5}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_5 = 0$$

$$\mu_{A_6}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_6 = 0$$

$$\mu_{A_7}(0.18021) = \frac{0.1822-0.18021}{0.0124} = 0.1605, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$A_7 = 0.1605$$

$$\mu_{A_8}(0.18021) = \frac{0.18021-0.1698}{0.0124} = 0.8395, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$A_8 = 0.8395$$

$$\mu_{A_9}(0.18021) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } A_9 = 0$$

Maka,

$$\begin{aligned} & \max(\mu_{A_1}, \mu_{A_2}, \mu_{A_3}, \mu_{A_4}, \mu_{A_5}, \mu_{A_6}, \mu_{A_7}, \mu_{A_8}, \mu_{A_9}) = \\ & \max(0,0,0,0,0,0,0.1605,0.8395,0) = 0.9 = A_8 \end{aligned}$$

Jadi *contrast* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* A_8 .

b. *Correlation*

Correlation hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 0.9787.

himpunan *fuzzy* pada *input correlation* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8$ dan B_9 . $x = 0.9787$ dapat masuk dalam himpunan B_2 dan B_3 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 0.9787$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy correlation*.

$$\mu_{B_1}(0.9787) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } B_1 = 0$$

$$\mu_{B_2}(0.9787) = \frac{0.9798-0.9787}{0.0015} = 0.7333, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$B_2 = 0.7333$$

$$\mu_{B_3}(0.9787) = \frac{0.9787-0.9783}{0.0015} = 0.2667, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$B_3 = 0.2667$$

$$\mu_{B_4}(0.9787) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } B_4 = 0$$

$$\mu_{B_5}(0.9787) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } B_5 = 0$$

$$\mu_{B_6}(0.9787) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } B_6 = 0$$

$\mu_{B_7}(0.9787) = 0$, sehingga derajat keanggotaan $B_7 = 0$

$\mu_{B_8}(0.9787) = 0$, sehingga derajat keanggotaan $B_8 = 0$

$\mu_{B_9}(0.9787) = 0$, sehingga derajat keanggotaan $B_9 = 0$

Maka,

$$\max(\mu_{B_1}, \mu_{B_2}, \mu_{B_3}, \mu_{B_4}, \mu_{B_5}, \mu_{B_6}, \mu_{B_7}, \mu_{B_8}, \mu_{B_9}) =$$

$$\max(0, 0.7333, 0.2667, 0, 0, 0, 0, 0, 0) = 0.7333 = B_2$$

Jadi *correlation* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* B_2 .

c. *Energy*

Energy hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 0.17715.

himpunan *fuzzy* pada *input energy* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$ dan C_9 . $x = 0.17715$ dapat masuk dalam himpunan C_1 dan C_2 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 0.17715$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy energy*.

$$\mu_{C_1}(0.17715) = \frac{0.2192 - 0.17715}{0.0323} = 0.8985 \text{ , sehingga derajat keanggotaan}$$

$$C_1 = 0.8985$$

$$\mu_{C_2}(0.17715) = \frac{0.17715 - 0.1724}{0.0468} = 0.1015, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$C_2 = 0.1015$$

$$\mu_{B_3}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_3 = 0$$

$$\mu_{C_4}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_4 = 0$$

$$\mu_{C_5}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_5 = 0$$

$$\mu_{C_6}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_6 = 0$$

$$\mu_{C_7}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_7 = 0$$

$$\mu_{C_8}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_8 = 0$$

$$\mu_{C_9}(0.17715) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } C_9 = 0$$

Maka,

$$\max(\mu_{C_1}, \mu_{C_2}, \mu_{C_3}, \mu_{C_4}, \mu_{C_5}, \mu_{C_6}, \mu_{C_7}, \mu_{C_8}, \mu_{C_9}) =$$

$$\max(0.8985, 0.1015, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0) = 0.8985 = C_1$$

Jadi *energy* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* c_1 .

d. *Homogeneity*

Homogeneity hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 0.94706.

himpunan *fuzzy* pada *input homogeneity* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8$ dan D_9 . $x = 0.94706$ dapat masuk dalam himpunan D_2 dan D_3 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 0.94706$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy homogeneity*.

$$\mu_{D_1}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_1 = 0$$

$$\mu_{D_2}(0.94706) = \frac{0.9516-0.94706}{0.0046} = 0.987 \text{ , sehingga derajat keanggotaan}$$

$$D_2 = 0.987$$

$$\mu_{D_3}(0.94706) = \frac{0.94706-0.947}{0.0046} = 0.013 \text{ , sehingga derajat keanggotaan}$$

$$D_3 = 0.013$$

$$\mu_{D_4}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_4 = 0$$

$$\mu_{D_5}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_5 = 0$$

$$\mu_{D_6}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_6 = 0$$

$$\mu_{D_7}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_7 = 0$$

$$\mu_{D_8}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_8 = 0$$

$$\mu_{D_9}(0.94706) = 0 \text{ , sehingga derajat keanggotaan } D_9 = 0$$

Maka,

$$\max(\mu_{D_1}, \mu_{D_2}, \mu_{D_3}, \mu_{D_4}, \mu_{D_5}, \mu_{D_6}, \mu_{D_7}, \mu_{D_8}, \mu_{D_9}) =$$

$$\max(0, 0.987, 0.013, 0, 0, 0, 0, 0, 0) = 0.987 = D_2$$

Jadi *homogeneity* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* D_2 .

e. *Mean*

Mean hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 154.8873.

himpunan *fuzzy* pada *input mean* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu

$E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8$ dan E_9 . $x = 154.8873$ dapat masuk dalam

himpunan E_3 dan E_4 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 154.8873$ dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy mean*.

$$\mu_{E_1}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_1 = 0$$

$$\mu_{E_2}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_2 = 0$$

$$\mu_{E_3}(154.8873) = \frac{165.7 - 154.8873}{11.4} = 0.9485, \quad \text{sehingga} \quad \text{derajat keanggotaan } E_3 = 0.9485$$

$$\mu_{E_4}(154.8873) = \frac{154.8873 - 154.3}{11.4} = 0.0515, \quad \text{sehingga} \quad \text{derajat keanggotaan } E_4 = 0.0515$$

$$\mu_{E_5}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_5 = 0$$

$$\mu_{E_6}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_6 = 0$$

$$\mu_{E_7}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_7 = 0$$

$$\mu_{E_8}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_8 = 0$$

$$\mu_{E_9}(154.8873) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } E_9 = 0$$

Maka,

$$\max(\mu_{E_1}, \mu_{E_2}, \mu_{E_3}, \mu_{E_4}, \mu_{E_5}, \mu_{E_6}, \mu_{E_7}, \mu_{E_8}, \mu_{E_9}) =$$

$$\max(0, 0, 0.9485, 0.0515, 0, 0, 0, 0, 0) = 0.9485 = E_3$$

Jadi *mean* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* E_3 .

f. *Variance*

Variance hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 5140.838. himpunan *fuzzy* pada *input variance* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7, F_8$ dan F_9 . $x = 5140.838$ dapat masuk dalam himpunan F_4 dan F_5 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 5140.838$ dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy variance*.

$$\mu_{F_1}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_1 = 0$$

$$\mu_{F_2}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_2 = 0$$

$$\mu_{F_3}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_3 = 0$$

$$\mu_{F_4}(5140.838) = \frac{5293-5140.838}{481} = 0.3163, \quad \text{sehingga} \quad \text{derajat keanggotaan } F_4 = 0.3163$$

$$\mu_{F_5}(5140.838) = \frac{5140.838-4812}{481} = 0.6837, \quad \text{sehingga} \quad \text{derajat keanggotaan } F_5 = 0.6837$$

$$\mu_{F_6}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_6 = 0$$

$$\mu_{F_7}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_7 = 0$$

$$\mu_{F_8}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_8 = 0$$

$$\mu_{F_9}(5140.838) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } F_9 = 0$$

Maka,

$$\begin{aligned} & \max(\mu_{F_1}, \mu_{F_2}, \mu_{F_3}, \mu_{F_4}, \mu_{F_5}, \mu_{F_6}, \mu_{F_7}, \mu_{F_8}, \mu_{F_9}) = \\ & \max(0,0,0,0.3163,0.6837,0,0,0,0) = 0.6837 = F_5 \end{aligned}$$

Jadi *variance* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* F_5 .

g. *Standard deviation*

Standard deviation hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 71.6996. himpunan *fuzzy* pada *input standard deviation* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6, G_7, G_8$ dan G_9 . $x = 71.6996$ dapat masuk dalam himpunan G_5 dan G_6 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 71.6996$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy standard deviation*.

$$\mu_{G_1}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_1 = 0$$

$$\mu_{G_2}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_2 = 0$$

$$\mu_{G_3}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_3 = 0$$

$$\mu_{G_4}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_4 = 0.4948$$

$$\mu_{G_5}(71.6996) = \frac{74.85-71.6996}{3.36} = 0.9376, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$G_5 = 0.9376$$

$$\mu_{G_6}(71.6996) = \frac{71.6996 - 71.49}{3.37} = 0.0624, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$G_6 = 0.0624$$

$$\mu_{G_7}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_7 = 0$$

$$\mu_{G_8}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_8 = 0$$

$$\mu_{G_9}(71.6996) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } G_9 = 0$$

Maka,

$$\max(\mu_{G_1}, \mu_{G_2}, \mu_{G_3}, \mu_{G_4}, \mu_{G_5}, \mu_{G_6}, \mu_{G_7}, \mu_{G_8}, \mu_{G_9}) =$$

$$\max(0,0,0,0,0.9376,0.0624,0,0,0) = 0.9376 = G_5$$

Jadi *standard deviation* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* G_5 .

h. *Skewness*

Skewness hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 0.39145.

himpunan *fuzzy* pada *input skewness* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5, H_6, H_7, H_8$ dan H_9 . $x = 0.39145$ dapat masuk dalam himpunan H_7 dan H_8 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 0.39145$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy skewness*.

$$\mu_{H_1}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_1 = 0$$

$$\mu_{H_2}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_2 = 0$$

$$\mu_{H_3}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_3 = 0$$

$$\mu_{H_4}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_4 = 0$$

$$\mu_{H_5}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_5 = 0$$

$$\mu_{H_6}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_6 = 0$$

$$\mu_{H_7}(0.39145) = \frac{0.5072-0.39145}{0.2848} = 0.4064, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$H_7 = 0.4064$$

$$\mu_{H_8}(0.39145) = \frac{0.39145-0.2224}{0.2848} = 0.5936, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$H_8 = 0.5936$$

$$\mu_{H_9}(0.39145) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } H_9 = 0$$

Maka,

$$\max(\mu_{H_1}, \mu_{H_2}, \mu_{H_3}, \mu_{H_4}, \mu_{H_5}, \mu_{H_6}, \mu_{H_7}, \mu_{H_8}, \mu_{H_9}) =$$

$$\max(0,0,0,0,0,0,0.4064,0.5936,0) = 0.5936 = H_8$$

Jadi *skewness* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* H_8 .

i. *Kurtosis*

Kurtosis hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 1.6013.

himpunan *fuzzy* pada *input kurtosis* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8$ dan I_9 . $x = 1.6013$ dapat masuk dalam himpunan I_2 dan I_3 , dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x =$

1.6013. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy kurtosis*.

$$\mu_{I_1}(1.6013) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } I_1 = 0$$

$$\mu_{I_2}(1.6013) = \frac{1.829-1.6013}{0.309} = 0.7369, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$I_2 = 0.7369$$

$$\mu_{I_3}(1.6013) = \frac{1.6013-1.52}{0.309} = 0.2631, \text{ sehingga derajat keanggotaan}$$

$$I_3 = 0.2631$$

$$\mu_{I_4}(1.6013) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } I_4 = 0$$

$$\mu_{I_5}(1.6013) = 0, \text{ sehinggaderajat keanggotaan } I_5 = 0$$

$$\mu_{I_6}(1.6013) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } I_6 = 0$$

$$\mu_{I_7}(1.6013) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } I_7 = 0$$

$$\mu_{I_8}(1.6013) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } I_8 = 0$$

$$\mu_{I_9}(1.6013) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } I_9 = 0$$

Maka,

$$\max(\mu_{I_1}, \mu_{I_2}, \mu_{I_3}, \mu_{I_4}, \mu_{I_5}, \mu_{I_6}, \mu_{I_7}, \mu_{I_8}, \mu_{I_9}) =$$

$$\max(0, 0.7369, 0.2631, 0, 0, 0, 0, 0, 0) = 0.7369 = I_2$$

Jadi *kurtosis* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy I₂*.

j. *Entropy*

Entropy hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 5.92. himpunan *fuzzy* pada *input entropy* dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5, J_6, J_7, J_8$ dan J_9 . $x = 5.92$ dapat masuk dalam himpunan J_8 dan J_9 dari kedua himpunan *fuzzy* yang dapat memuat $x = 5.92$. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy entropy*.

$$\mu_{J_1}(5.92) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_1 = 0$$

$$\mu_{J_2}(5.92) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_2 = 0$$

$$\mu_{J_3}(5.92) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_3 = 0$$

$$\mu_{J_4}(5.7568) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_4 = 0$$

$$\mu_{J_5}(5.92) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_5 = 0$$

$$\mu_{J_6}(5.92) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_6 = 0$$

$$\mu_{J_7}(5.92) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_7 = 0$$

$$\mu_{J_8}(5.92) = \frac{6.163-5.92}{0.421} = 0.5772, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_8 = 0.5772$$

$$\mu_{J_9}(5.92) = \frac{5.92-5.742}{0.421} = 0.4228, \text{ sehingga derajat keanggotaan } J_9 = 0.4228$$

Maka,

$$\max(\mu_{J_1}, \mu_{J_2}, \mu_{J_3}, \mu_{J_4}, \mu_{J_5}, \mu_{J_6}, \mu_{J_7}, \mu_{J_8}, \mu_{J_9}) =$$

$$\max(0,0,0,0,0,0,0,0.5772,0.4228) = 0.5772 = J_8$$

Jadi *entropy* hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* J_8 .

k. IDM

IDM hasil dari ekstraksi gambar kedua adalah 0.00018456.

himpunan *fuzzy* pada *input* IDM dibagi menjadi 9 himpunan *fuzzy* yaitu

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8$ dan K_9 . $x = 0.00018456$ dapat masuk dalam

himpunan *fuzzy*. Akan dicari derajat keanggotaan yang terbesar

menggunakan fungsi keanggotaan segitiga pada himpunan *fuzzy* IDM.

$$\mu_{K_1}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_1 = 0$$

$$\mu_{K_2}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_2 = 0$$

$$\mu_{K_3}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_3 = 0$$

$$\mu_{K_4}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_4 = 0$$

$$\mu_{K_5}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_5 = 0$$

$$\mu_{K_6}(0.00018456) = \frac{0.00018456 - 0.0001578}{0.0000323} = 0.8285, \text{ sehingga derajat}$$

$$\text{keanggotaan } K_6 = 0.8285$$

$$\mu_{K_7}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_7 = 0$$

$$\mu_{K_8}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_8 = 0$$

$$\mu_{K_9}(0.00018456) = 0, \text{ sehingga derajat keanggotaan } K_9 = 0$$

Maka,

$$\begin{aligned} & \max(\mu_{K_1}, \mu_{K_2}, \mu_{K_3}, \mu_{K_4}, \mu_{K_5}, \mu_{K_6}, \mu_{K_7}, \mu_{K_8}, \mu_{K_9}) = \\ & \max(0,0,0,0,0,0.8285,0,0,0) = 0.8285 = K_6 \end{aligned}$$

Jadi IDM hasil ekstraksi gambar kedua masuk dalam himpunan *fuzzy* K_6 .

Nilai terbesar derajat keanggotaan dari ekstraksi gambar data kedua akan dikelompokkan dalam himpunan *fuzzy* sesuai *input* yang digunakan. Hasil pengelompokan dari himpunan *fuzzy* akan menjadi aturan dalam model *fuzzy*. berikut tabel pengelompokan himpunan *fuzzy*.

Tabel 4. 2 Hasil ekstraksi dan pengelompokan himpunan *fuzzy* dari data gambar kedua

Data	Hasil ekstraksi	Derajat keanggotaan	Himpunan <i>fuzzy</i>
<i>Contrast</i>	0.18021	0.8395	A_8
<i>Correlation</i>	0.9787	0.7333	B_2
<i>Energy</i>	0.17715	0.8985	C_1
<i>Homogeneity</i>	0.94706	0.987	D_2
<i>Mean</i>	154.8873	0.9485	E_3
<i>Variance</i>	5140.838	0.6837	F_5
<i>Standard deviation</i>	71.6996	0.9376	G_5
<i>Skewness</i>	0.39145	0.5936	H_8
<i>Kurtosis</i>	1.6013	0.7369	I_2
<i>Entropy</i>	5.92	0.5772	J_8
<i>IDM</i>	0.00018456	0.8285	K_6
Klasifikasi kematangan	Setengah matang		$L_{\text{setengah matang}}$

Berdasarkan tabel 4.2 diatas maka urutan yang terbentuk dari hasil ekstraksi data kedua sebagai berikut:

“ jika *contrast* adalah A_8 dan *correlation* adalah B_2 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_2 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”

Variabel *input* disebut sebagai anteseden dan variabel *output* disebut sebagai konsekuen. Jika terdapat anteseden sama tetapi konsekuen yang berbeda maka perlu dilakukan pengoptimalan aturan. Cara yang dilakukan dalam pengoptimalan dengan memilih perkalian derajat keanggotaan yang terbesar. Aturan yang terbentuk dari data *training* pada penelitian ini tidak terdapat anteseden yang sama dan kosekuen yang berbeda dalam satu aturan, sehingga tidak perlu dilakukan pengoptimalan aturan *fuzzy*. Aturan yang terbentuk dari data *training* sudah optimal. Penelitian ini terdapat 76 aturan yang terlampir pada lampiran 7.

6. Inferensi model *fuzzy*

Inferensi merupakan proses evaluasi aturan *fuzzy* untuk menghasilkan *output* dari setiap aturan. Masing-masing aturan memberikan nilai yang sesuai dengan *input* yang telah diberikan. Penelitian ini menggunakan *fuzzy* inferensi dengan metode Mamdani. Pemilihan metode Mamdani karena mudah dipahami dan sederhana. Model Mamdani menerapkan fungsi implikasi dan komposisi aturan. Fungsi implikasi dilakukan untuk mendapatkan modifikasi *output* daerah *fuzzy* dari setiap aturan yang berlaku. Fungsi implikasi model Mamdani

menggunakan fungsi implikasi MIN dan komposisi aturan MAX, oleh karena itu model Mamdani sering dikenal dengan model MAX-MIN. Perhitungan inferensi akan menggunakan bantuan MATLAB tetapi akan diberikan satu contoh perhitungan inferensi akan secara manual. contoh menggunakan *input* data pertama sebagai berikut:

Contoh 4.1:

Hasil ekstraksi gambar data kedua disajikan dalam tabel berikut

Tabel 4. 3 Hasil ekstraksi gambar kedua

Data	Hasil ekstraksi
<i>Contrast</i>	0.18021
<i>Correlation</i>	0.9787
<i>Energy</i>	0.17715
<i>Homogeneity</i>	0.94706
<i>Mean</i>	154.8873
<i>Variance</i>	5140.838
<i>Standard deviation</i>	71.6996
<i>Skewness</i>	0.39145
<i>Kurtosis</i>	1.6013
<i>Entropy</i>	5.92
IDM	0.00018456
Klasifikasi	Setengah matang

Aturan *fuzzy* yang telah terbentuk akan digunakan untuk inferensi *fuzzy* dengan metode Mamdani. Menggunakan hasil ekstraksi data kedua akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut (tabel lengkap terlampir pada lampiran 8):

Tabel 4. 4 Fungsi implikasi dari data gambar kedua

Aturan	Derajat keanggotaan <i>input</i>											HFI
	A	B	C	D	E	V	G	H	I	J	K	
1	0	0	0.89 85	0	0.05 15	0.31 63	0	0.8 626	0.73 69	0.57 72	0.82 85	0
2	0.839 5	0.73 33	0.89 85	0.98 7	0.94 85	0.68 37	0.93 76	0.5 936	0.73 69	0.57 72	0.82 85	0.59 36

3	0	0	0.10 15	0	0.05 15	0.68 37	0.06 24	0.8 626	0.73 69	0.57 72	0	0
...
...
...
76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

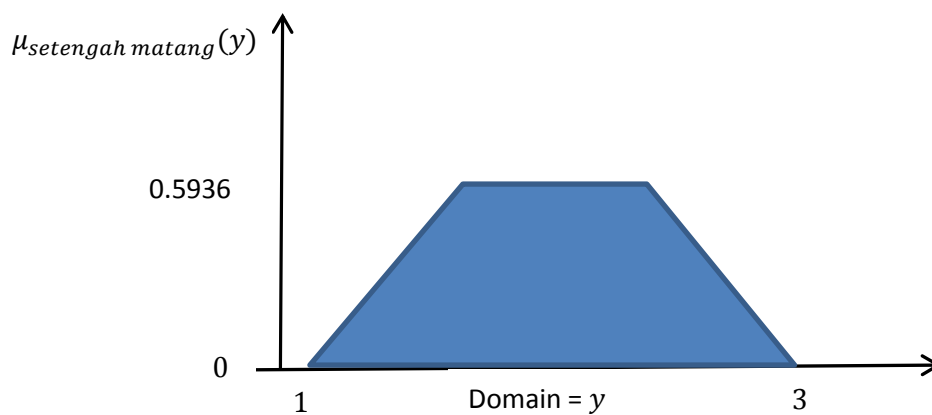
<i>Contrast</i>	: A	<i>Standard deviation</i>	: G
<i>Correlation</i>	: B	<i>Skewness</i>	: H
<i>Energy</i>	: C	<i>Kurtosis</i>	: I
<i>Homogeneity</i>	: D	<i>Entropy</i>	: J
<i>Mean</i>	: E	IDM	: K
<i>Variance</i>	: F	Hasil Fungsi Implikasi	: HFI

Setelah mencari fungsi implikasi MIN dari setiap aturan selanjutnya komposisi aturan MAX. Komposisi aturan MAX yaitu dengan mengambil nilai maksimum dari hasil fungsi implikasi MIN di setiap himpunan *fuzzy* tingkat kematangan. Hasil dari komposisi aturan MAX digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator OR (gabungan). Komposisi aturan MAX dari ekstraksi gambar data kedua disajikan pada tabel berikut (tabel selengkapnya pada lampiran 9):

Tabel 4. 5 Komposisi aturan MAX dari data gambar kedua

Aturan	Hasil fungsi implikasi	Himpunan <i>fuzzy</i> pada <i>output</i>			
		L_{mentah}	$L_{setengah-matang}$	L_{matang}	L_{busuk}
1	0				0
2	0.5936		0.5936		
3	0		0		
...
...
...
76	0			0	

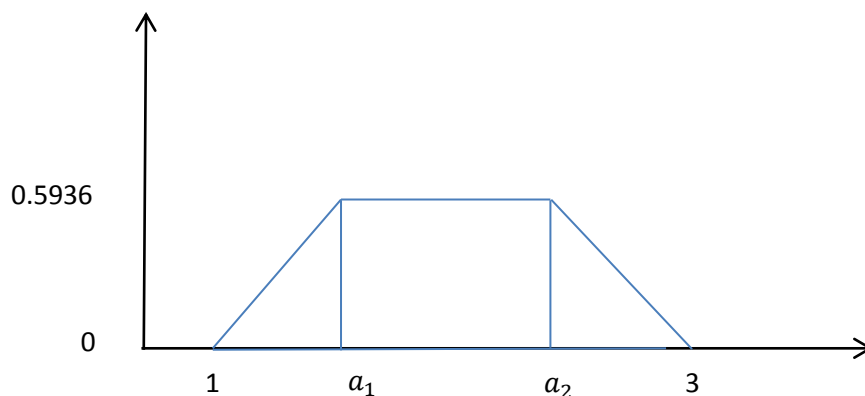
Berdasarkan tabel 4.5 terlihat nilai yang terbesar dari hasil fungsi implikasi adalah 0.5936 pada himpunan $L_{setengah-matang}$. Kemudian komposisi ini dimodifikasi menjadi suatu daerah *fuzzy*, karena hanya memenuhi satu aturan sehingga tidak perlu menggunakan operator gabungan. Ilustrasi disajikan gambar berikut :



Gambar 4. 16 Hasil komposisi aturan MAX data gambar kedua

Dari daerah hasil data pertama yang diperoleh kemudian akan ditentukan fungsi keanggotaan komposisi dengan cara sebagai berikut:

1. Daerah hasil dibagi menjadi 3 bagian, yaitu D_1 , D_2 dan D_3 dengan a_1 dan a_2 merupakan pembatas dari daerah tersebut. Seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 17 Ilustrasi gambar pembagian hasil komposisi aturan MAX

2. Kemudian akan ditentukan a_1

- a_1 berada pada himpunan $L_{setengah-matang}$, sehingga

$$\mu_{setengah-matang}(y) = \frac{a_1 - 1}{1}$$

$$0.5936 = \frac{a_1 - 1}{1}$$

$$a_1 = 1 + 0.5936$$

$$a_1 = 1.5936$$

- a_2 berada pada himpunan $L_{setengah-matang}$, sehingga

$$\mu_{setengah-matang}(y) = \frac{3 - a_2}{1}$$

$$0.5936 = \frac{3 - a_2}{1}$$

$$a_2 = 3 - 0.5936$$

$$a_2 = 2.4064$$

Jadi fungsi keanggotaan hasil komposisi, sebagai berikut:

$$\mu(y) = \begin{cases} y - 1; 1 \leq y \leq 1.5936 \\ 0.5936; 1.5936 \leq y \leq 2.4064 \\ 3 - y; 2.4064 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

Hasil inrefensi *fuzzy* dengan metode Mamdani, *output* masih berupa himpunan *fuzzy* maka akan dilakukan pengubahan dari himpunan *fuzzy* menjadi himpunan tegas (*crisp*) dengan cara defuzzifikasi.

7. Melakukan Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan langkah terakhir dalam suatu model *fuzzy* yang bertujuan mengubah himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari *fuzzy* inferensi menjadi himpunan tegas (*crisp*). Oleh sebab itu, himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari

proses inferensi *fuzzy* yang merupakan hasil ekstraksi gambar kedua diperoleh kembali menggunakan *defuzzifier* untuk dijadikan bilangan tegas. *Defuzzifier* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu defuzzifikasi bisektor pemilihan metode tersebut karena memberikan hasil yang baik. Proses defuzzifikasi akan dilakukan dengan bantuan MATLAB. Namun akan diberi contoh manual menggunakan hasil inferensi *fuzzy*:

Bisektor merupakan metode yang membagi dua sama besar daerah hasil inferensi *fuzzy* untuk mencari nilai p . Nilai $p=z$ yang merupakan hasil dari metode bisektor.

Hasil inferensi *fuzzy*

$$\mu(y) = \begin{cases} y - 1; 1 \leq y \leq 1.5936 \\ 0.5936; 1.5936 \leq y \leq 2.4064 \\ 3 - y; 2.4064 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

Menggunakan metode bisektor dengan rumus persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \int_1^{1.5936} y - 1 \, dy + \int_{1.5936}^p 0.5936 \, dy &= \int_p^{2.4064} 0.5936 \, dy + \int_{2.4064}^3 3 - y \, dy \\ 0.1762 + 0.5936(p - 1.5936) &= 0.5936(2.4064 - p) + 0.1762 \\ 0.5936p - 0.946 &= 1.4284 - 0.5936p \\ 1.1872p &= 2.3744 \\ p &= 2 \end{aligned}$$

Hasil defusifikasi hasil ekstraksi gambar kedua adalah 2, yang berarti gambar kedua adalah setengah matang. Proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan bantuan MATLAB (hasil defuzzifikasi seluruh data *training* dapat

dilihat di lampiran 11, sedangkan hasil defuzzifikasi data *testing* dapat dilihat di lampiran 12).

C. Hasil Pembahasan

1. Hasil model *fuzzy* data *training*

Tabel 4. 6 Hasil model *fuzzy* data *training*

Data Gambar	<i>Output</i> Asli	<i>Output</i> Model	Keterangan
Gambar 1	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 2	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
...
...
...
Gambar 76	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar

Tabel lengkap hasil model *fuzzy* data *training* terlampir pada lampiran 13

2. Hasil model *fuzzy* data *testing*

Tabel 4. 7 Hasil model *fuzzy* data *testing*

Data Gambar	<i>Output</i> Asli	<i>Output</i> Model	Keterangan
Gambar 1	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 2	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
...
...
...
Gambar 12	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar

Tabel lengkap hasil model *fuzzy* data *testing* terlampir pada lampiran 14.

D. Pengujian Model *Fuzzy*

Pembuatan model *fuzzy* untuk tingkat kematangan buah jambu biji merah belum dikatakan baik sehingga perlu dilakukan pengujian terhadap data *training*

dan data *testing* tentang keakuratan dan *error* dari model. Pengujian model ini menggunakan tingkat keakuratan dari model.

$$\text{tingkat akuratan} = \frac{\text{jumlah data yang benar}}{\text{jumlah data keseluruhan}} \times 100\%$$

1. Tingkat akuratan pada data *training*.

Berdasarkan tabel 4.6 didapat sebagai berikut

Jumlah data benar : 72

Jumlah data seluruhnya : 76

$$\text{tingkat keakuratan} = \frac{72}{76} \times 100\% = 94.7\%$$

Sehingga tingkat akuratan model *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah jambu biji merah pada data *training* sebesar 94.7 % dengan *error* 5.3%.

2. Tingkat akurasi pada data *testing*.

Berdasarkan tabel 4.7 didapat sebagai berikut

Jumlah data benar : 10

Jumlah data seluruhnya : 12

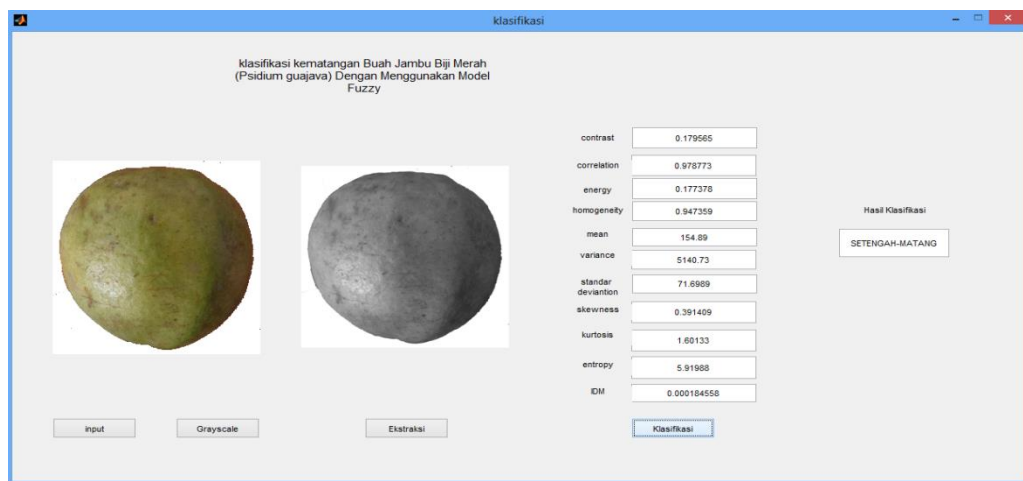
$$\text{tingkat keakuratan} = \frac{10}{12} \times 100\% = 83.3\%$$

Sehingga tingkat akuratan model *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga yang digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah jambu biji merah pada data *testing* sebesar 83.3 % dengan *error* 16.7%.

E. Model Klasifikasi *Fuzzy* dengan GUI

Klasifikasi kematangan buah jambu biji merah yang dibangun dengan logika *fuzzy* telah dilakukan pengujian, selanjutnya dengan GUI akan dibangun tampilan model *fuzzy* yang lebih interaktif terhadap pengguna. Sistem ini menggunakan model *fuzzy* yang telah dibangun, model *fuzzy* tetap menjadi otak dari GUI. GUI hanya menghaluskan tampilan sehingga lebih baik dan interaktif. Rancangan GUI yang disimpan dalam ekstensi.m *script* dari setiap langkah dalam proses klasifikasi kematangan buah jambu biji merah. *Script* dari rancangan GUI akan dilampirkan dalam lampiran 15.

Sistem GUI ini tidak langsung dapat mengklasifikasi gambar buah jambu biji merah yang dimasukkan. Pengguna harus *menginput* gambar buah jambu biji merah kemudian mengubah tipe menjadi *grayscale*. Setelah mengubah tipe gambar dilakukan ekstraksi, hasil dari ekstraksi yang akan digunakan sebagai aturan untuk klasifikasi kematangan buah jambu biji merah.



Gambar 4. 18 Hasil Rancangan GUI untuk Klasifikasi kematangan buah jambu biji merah

Rancangan GUI ini menggunakan gambar jambu biji merah dengan gambar awal adalah setengah matang. Gambar jambu biji merah dimasukan kedalam sistem GUI yang telah dibuat, kemudian mengubah tipe menjadi *grayscale*. Selajutnya diekstraksi yang digunakan sebagai *input* dalam model *fuzzy*. Setelah diperoleh hasil ekstraksi gambar dilakukan klasifikasi dengan model *fuzzy* dan diperoleh hasil klasifikasi setengah matang. Hasil rancangan sistem GUI ini telah sesuai dengan gambar awal dan menggunakan model *fuzzy* untuk proses klasifikasi yang telah diuji tingkat keakuratannya.

BAB V

PENUTUP

BAB V berisi kesimpulan yang menjawab rumusan masalah serta saran untuk pengembangan selanjutnya

A. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penjelasan pada bab-bab sebelumnya mengenai klasifikasi kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dapat disimpulkan:

1. Proses penentuan tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dengan menggunakan model *fuzzy* dengan cara pengolahan gambar buah jambu biji merah (*Psidium guajava*). Pengolahan yang pertama adalah mengubah ekstensi gambar buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) dari RGB menjadi *grayscale*. Gambar hasil *grayscale* diekstraksi untuk memperoleh *contrast*, *correlation*, *energy*, *homogeneity*, *mean*, *variance*, *standard deviation*, *skewness*, *kurtosis*, *entropy* dan IDM. Nilai dari ekstraksi akan digunakan sebagai *input* dalam model *fuzzy* sedangkan *output* merupakan hasil klasifikasi kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*). Setelah diperoleh nilai hasil ekstraksi maka dibentuk himpunan universal untuk *input* dan *output*. Selanjutnya mendefinisikan himpunan *fuzzy* untuk setiap *input* dan *output*. Membentuk aturan *fuzzy* dari *input* dengan menggunakan definisi himpunan *fuzzy*. Melakukan inferensi dari aturan *fuzzy* dan yang terakhir melakukan defuzzifikasi terhadap aturan-aturan yang ada. setelah proses selesai maka diperoleh sistem *fuzzy*. Sistem *fuzzy* yang terbentuk akan digunakan untuk menentukan tingkat kematangan data *training*.

2. Tingkat keakuratan kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) untuk data *training* sebesar 94.67 % dengan *error* 5.33% dan data *testing* sebesar 83.3% dengan *error* 16.7%.

B. SARAN

Skripsi ini menggunakan model *fuzzy* dengan metode bisektor dengan fungsi keanggotaan segitiga dalam menentukan klasifikasi tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*). Masih terdapat banyak cara yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah jambu biji merah yang mungkin akan memberikan klasifikasi lebih mendekati pada kondisi yang sebenarnya, antara lain:

1. Menambahkan *output* dalam klasifikasi tingkat kematangan buah jambu biji merah (*Psidium guajava*) agar hasil yang diperoleh lebih akurat. Misal mentah, $\frac{1}{4}$ matang, $\frac{3}{4}$ matang, matang, busuk.
2. Menggunakan model *fuzzy* lainnya, seperti *Neuro-fuzzy*, ANFIS, NN.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah M.Z., Guan L.C., & Karim A.A. 2004. The Application of Computer Vision System and Tomographic Radar Imaging for Asessing Phisical Properties of Food. *Food Eng.* 61 (1):125-135
- Agus Naba. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Andi
- Ali, Z.M. dan H. Lazan . (2001). *Guava-Postharvest Physiolooy And Storage*. CAB Internasional, UK.
- Aly S dan I Vrana. (2005). *Fuzzy Expert Marketing-Mix Model*. *Jounal Of Agric.* Number. 51 (2) pp: 69-79.
- Anami, B.S., Vishwanath C.b. 2009. Texture Based Identification and Classification of Bulk Sugary Food Object. *ICGST*. Vol. 9.
- Anonim. 2006. *Daun Jambu biji – Psidium Guajava*. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/70772560/Daun-Jambu-Biji> . pada tanggal 25 mei 2014.
- Ary Noviyanto. (2009). Identifikasi Tingkat Kematangan Variates Tomat Merah Dengan Metode Perbandingan Kadar Warna. Ilmu Komputer Falkutas MIPA Universitas Gajah Mada.
- Cline H.E., Lorensen E., Kikinis R., Jolesz F. 1990. Theedimensional Segmentation of MR Image of The Head Using Probability and Connectivity. *J Computer Assist tomography*. Vol.14. Hal. 1037-1045
- Bambang, C. (2010). Sukses Budi Daya Jambu Biji Di perkarangan dan Perkebunan. Yogyakarta : lily publisher : Hlm.3.
- Deswari, Dilla., Hendrik M.T & Derisma M.T. (2013). Identifikasi Kematangan Buah Tomat Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang*.
- Eddy Nurraharjo. (2010). Klasifikasi Kematangan Buah Mangga “Harus Manis” Berdasarkan *Digital Number (DN) of RGB*. *Tesis abstract Universitas Gajah Mada*.
- Eliyani, Tulus & Fahmi. (2008). Pengenalan Tingkat Kematangan Buah Pepaya Paya Rabo Menggunakan Pengolahan Citra Berdasarkan Warna (RGB) Dengan K-mean Clustering. Universitas Sumatra Utara. Hlm. 247-252.
- Klir, George.J. Clair, Ute.St & Yuan, Bo. (1997) .*Fuzzy set theory foundations and aplications*. London: Pretice Hall.
- Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

- Nita F.W., Brigita W., & Astri L. (2009). Uji Fisik Buah Jambu Biji Merah pada Suhu Kamar yang Diiradiasi Sinar Gamma (^{60}Co). Institut Pertanian Bogor.
- Nithya , R., & Santhi, B. (2011). Classification of Normal Abnormal Patterns in Digital Mammograms for Diagnosis of Breast Cancer. *International Journal of Computer Application* (volume 28).
- Pradeep, N. Et al. (2012). Feature Extraction of Mammograms. *International Journal of Bioinformatics Research* (Volume 4). Hlm. 241-244.
- Purnomo, Dwi. (2008) . Model Pakar *Fuzzy* Penentuan Dan Peningkatan Kualitas Manggis. Jurusan Teknik Dan Manajemen Industri Pertanian Falkutas Teknologi Industri Pertanian Univesitas Padjadjaran Bandung.
- Retno Nugroho Whidhiasih, Sugi Guritman dan Prapto Tri Supriyo. (2012). Identifikasi Tahap Kematangan Buah Manggis Berdasarkan Warna Menggunakan *Fuzzy Neural Network*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22(2) : 82-91.
- Retno Nugroho Whidiasih, Nursinta A.W., Supriyanto. (2012). Identifikasi buah belimbing citra *RED-GREEN-BLUE* menggunakan *Adaptif Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). *Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir*. Hlm. 272-282.
- Santhi, B., & Nithya, R. (2011). Comparative Study on Feature Extraction Method for Breast Cancer Classification. *Jurnal of Theoretical and Applied Information Teknologi* (volume 33).
- Sharma, M., SourabhM. 2013. Artificial Neural Network Inference System (ANFIS) for Brain Tumor detection. *Advances In Intelligent System and Computing* . Vol. 177 . Hal. 329-339.
- Siew L.H., R.H Hodgson, & E.J. Wood. 1988. Texture Measures for Carpet Wear Assessment. *IEEE Tran on Pattern Analysis and Machine Intell*. Vol. PAMI-10. Hal. 92-105.
- Toni Wijanarko Adi putra. (2013). Pengenalan Wajah dengan Matriks Kookurensi Aras Keabuan dan Jaringan Syaraf Tiruan Probabilistik. *Tesis*. Universitas Diponegoro.
- Vannier M.W., Butterfield R.L., Rickman D.L., Jordan D.M., Murphy W.A., & Biondetti P.R 1985. Multispectral Magnetic Resonance Image Analysis. *Radiology*. Vol 154. Hal. 221-224.
- Wang, Li-xing. (1997) . *A course in Fuzzy System And Control*. Pretice Hall.
- Yin, T.K., & N.T. Chiu. 2004. A Computer Aided Diagnosis for Locating Abnormalities in Bose Scintigraphy by *Fuzzy Sytem* with a Three-step Minimization Approach. *IEEE Trans Medical Imaging*. Vol. 23. No. 5. Hal. 639-654.

Yuliani, S., Laba Udarno & Eni Hanyani. 2003. Kadar Tanin dan Quersentin Tiga Tipe Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava*). *Buletin TRO*. Hlm. 17-24.

Lampiran 1

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sugeng

Jabatan : Pemilik Toko

Menerangkan dengan sebenarnya bahwa:

Nama : Febry Yuni Mulato

Tempat & Tanggal Lahir : Klaten, 09 Juni 1992

NIM : 10305144002

Program studi : MATEMATIKA

Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Yogyakarta

Telah melakukan kegiatan Penelitian di pasar Gamping Blok A Yogyakarta pada tanggal 25 Maret 2014 dalam rangka persiapan penyusunan Skripsi dengan judul:

“KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH JAMBU BIJI (*Psidium Guajava*)
DENGAN MENGGUNAKAN MODEL *FUZZY*”

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



















Yogyakarta, 25 Maret 2014
Pemilik Toko




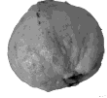














































Sugeng

























Lampiran 2



























Gambar buah jambu biji merah
(*Psidium guajava*) data training



























No	kematan gan	Gambar Asli	Gambar grayscale
1	Busuk		
2	Setengah matang		
3	Setengah matang		
4	Matang		
5	Mentah		
6	Matang		
7	Setengah matang		
8	Setengah matang		
9	Matang		











10	Mentah		
11	Busuk		
12	Mentah		
13	Setengah matang		
14	Setengah matang		
15	Busuk		
16	Mentah		
17	Mentah		
18	Setengah matang		
19	Setengah matang		
20	Busuk		
21	Matang		

22	Busuk		
23	Matang		
24	Busuk		
25	Matang		
26	Busuk		
27	Setengah matang		
28	Busuk		
29	Busuk		
30	Setengah matang		
31	Setengah matang		
32	Matang		
33	Busuk		

34	Busuk		
35	Busuk		
36	Busuk		
37	Setengah matang		
38	Matang		
39	Matang		
40	Busuk		
41	Busuk		
42	Matang		
43	Matang		
44	Busuk		
45	Mentah		

























46	Busuk		
47	Matang		
48	Matang		
49	Setengah matang		
50	Setengah matang		
51	Busuk		
52	Setengah matang		
53	Matang		
54	Busuk		
55	Matang		
56	Mentah		
57	Mentah		
58	Matang		

59	Matang		
60	Setengah matang		
61	Busuk		
62	Busuk		
63	Setengah matang		
64	Mentah		
65	Mentah		
66	Mentah		
67	Matang		
68	Mentah		
69	Matang		
70	Mentah		
71	Matang		

72	Matang		
73	Matang		
74	Matang		
75	Busuk		
76	Setengah matang		

Lampiran 3

Gambar buah jambu biji merah data
testing

No	kematan gan	Gambar Asli	Gambar <i>grayscale</i>
1	Mentah		
2	Setengah matang		
3	Matang		
4	Setengah matang		
5	Busuk		
6	Mentah		
7	Busuk		
8	Mentah		
9	Setengah matang		
10	Busuk		
11	Setengah matang		
12	Setengah matang		

Lampiran 4

Script ekstraksi untuk jambu biji merah

```
a=imread('77setengahmatang.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
c=RGB2gray(b);
[pikselCounts GLs] = imhist(c);
numberOfPiksel = sum(pikselCounts);
meanGL = sum(GLs .* pikselCounts) / numberOfPiksel;
varianceGL = sum((GLs - meanGL) .^ 2 .*
pikselCounts) / (numberOfPiksel-1);
sd = sqrt(varianceGL);
skew = sum((GLs - meanGL) .^ 3 .* pikselCounts) /
((numberOfPiksel - 1) * sd^3);
kur = sum((GLs - meanGL) .^ 4 .* pikselCounts) /
((numberOfPiksel - 1) * sd^4);
IDM=sum(numberOfPiksel/(1+(pikselCounts-GLs).^2));
e=entropy(c);
GLCM2 = graycomatrix(c);
F = graycoprops(GLCM2,'all');
z=F.Contrast;
y=F.Correlation;
x=F.Energy;
w=F.Homogeneity;
display(['Contrast= ',num2str(z)])
display(['Correlation= ',num2str(y)])
display(['Energy= ',num2str(x)])
display(['Homogeneity= ',num2str(w)])
display(['mean= ',num2str(meanGL)])
display(['variance= ',num2str(varianceGL)])
display(['stdaardDeviation= ',num2str(sd)])
display(['skewnees= ',num2str(skew)])
display(['kurtosis= ',num2str(kur)])
display(['entropy= ',num2str(e)])
display(['IDM= ',num2str(IDM)])
```

Lampiran 5

Data *training* buah jambu biji merah (*Psidium guajava*).

No	Input											Output
	Contrast	Correlation	Energy	Homogeneity	Mean	Variance	Standard deviation	skewness	kurtosis	Entropy	IDM	kematangan
1	0.14548	0.98119	0.19242	0.96003	163.8788	4705.8976	68.5995	0.26153	1.5743	5.7568	0.0001598	BUSUK
2	0.18021	0.9787	0.17715	0.94706	154.8873	5140.838	71.6996	0.39145	1.6013	5.92	0.00018456	SETENGAH MATANG
3	0.15982	0.98166	0.20999	0.95811	162.084	5375.9316	73.3207	0.24786	1.4273	5.6006	0.00013302	SETENGAH MATANG
4	0.15141	0.98392	0.24634	0.96451	167.972	5777.2364	76.0081	0.10578	1.2728	5.1242	0.00009683	MATANG
5	0.16391	0.984226	0.25411	0.9593	163.4475	6409.1138	80.0569	0.13207	1.2374	5.0939	0.000097441	MENTAH
6	0.16066	0.98264	0.22652	0.95715	166.2164	5730.2296	75.6983	0.11465	1.3624	5.3368	0.00010533	MATANG
7	0.12707	0.98565	0.24087	0.9677	169.8425	5461.6431	73.9029	0.099617	1.3032	5.2558	0.0001034	SETENGAH MATANG
8	0.17181	0.98161	0.21725	0.9568	163.535	5788.9059	76.0849	0.13608	1.4085	5.4421	0.00011652	SETENGAH MATANG
9	0.1667	0.98088	0.19906	0.95416	165.1957	5306.1189	72.8431	0.14683	1.4715	5.5412	0.00012617	MATANG
10	0.13866	0.98691	0.30208	0.96499	177.7529	6520.4962	80.7496	-0.22586	1.2603	4.6092	0.000065918	MENTAH
11	0.15139	0.97879	0.24325	0.95687	168.894	4537.8981	67.3639	0.28259	1.5019	5.3485	0.00012916	BUSUK
12	0.13601	0.98656	0.2586	0.96828	151.4268	6219.7449	78.8654	0.44342	1.3863	5.3196	0.00013759	MENTAH
13	0.15833	0.98307	0.2187	0.95301	163.1006	5776.5713	76.0038	0.1836	1.3596	5.4011	0.00011661	SETENGAH MATANG
14	0.15896	0.98433	0.26277	0.95718	160.5803	6252.3319	79.0717	0.2435	1.271	5.0254	0.00010209	SETENGAH MATANG
15	0.16219	0.97677	0.22039	0.95775	156.6258	4396.062	66.3028	0.5588	1.8078	5.7365	0.00020438	BUSUK
16	0.17494	0.98515	0.28331	0.95978	131.4935	7137.1373	84.4816	0.71929	1.6141	5.0288	0.00016853	MENTAH
17	0.16489	0.98512	0.31068	0.95996	151.7229	6764.3052	82.2454	0.38907	1.2778	4.8938	0.00011376	MENTAH
18	0.14458	0.98675	0.43147	0.96889	137.6409	6811.0475	82.5291	0.68479	1.5219	4.7073	0.00015735	SETENGAH MATANG
19	0.16213	0.98368	0.26397	0.95657	151.2481	6162.9409	78.5044	0.43311	1.39	5.3129	0.00013944	SETENGAH MATANG
20	0.16022	0.97889	0.25858	0.95856	146.6727	4761.5352	69.0039	0.79203	1.8995	5.5561	0.00021806	BUSUK
21	0.15527	0.98374	0.2327	0.9631	145.5676	5863.3862	76.5728	0.58493	1.5922	5.572	0.00017189	MATANG
22	0.146	0.97951	0.21917	0.96131	166.6362	4448.5099	66.6972	0.35177	1.5065	5.5676	0.00014913	BUSUK

23	0.15256	0.98263	0.2381	0.95921	149.9647	5341.6699	73.0867	0.61348	1.6217	5.3968	0.00016834	MATANG
24	0.14075	0.97917	0.24267	0.96472	158.0493	4199.4203	64.8029	0.66121	1.7708	5.5063	0.0001952	BUSUK
25	0.15294	0.98051	0.2291	0.95856	172.7979	4908.547	70.061	0.12272	1.3499	5.1511	0.00010373	MATANG
26	0.12361	0.98225	0.21632	0.96731	173.6418	4380.8798	66.1882	0.15302	1.4408	5.4933	0.00013018	BUSUK
27	0.16607	0.98128	0.228	0.95695	156.9714	5475.9817	73.9999	0.42435	1.4434	5.3915	0.00014184	SETENGAH MATANG
28	0.1087	0.98161	0.23148	0.97618	177.7054	3742.9778	61.1799	0.18403	1.5324	5.4045	0.00013517	BUSUK
29	0.12589	0.98645	0.2466	0.9729	150.6175	5634.8309	75.0655	0.52486	1.5475	5.456	0.00015769	BUSUK
30	0.13992	0.98691	0.2031	0.9692	153.2497	6430.8766	80.1927	0.25808	1.402	5.5654	0.00013373	SETENGAH MATANG
31	0.14752	0.9821	0.24893	0.95963	172.9207	5168.4205	71.8917	0.10137	1.2869	5.1104	0.000096686	SETENGAH MATANG
32	0.16222	0.98187	0.19614	0.95293	150.966	5462.1444	73.9063	0.46274	1.5833	5.7782	0.00017756	MATANG
33	0.13444	0.98545	0.20627	0.96881	147.2968	5624.9168	74.9994	0.49473	1.6369	5.8482	0.00019343	BUSUK
34	0.15581	0.9818	0.17236	0.95839	148.9401	5187.385	72.0235	0.40784	1.7442	6.1629	0.0002351	BUSUK
35	0.15627	0.97963	0.19104	0.95532	142.748	4698.4761	68.5454	0.73969	2.075	6.0733	0.000284882	BUSUK
36	0.14438	0.97967	0.19272	0.96292	149.1854	4334.1108	65.834	0.61476	2.0373	6.1109	0.0002869	BUSUK
37	0.19458	0.98213	0.21074	0.94239	141.0627	6561.659	81.0041	0.55397	1.5423	5.543	0.0016146	SETENGAH MATANG
38	0.11633	0.98584	0.22218	0.97124	166.2107	5151.9656	71.7772	0.19256	1.4467	5.3902	0.0001213	MATANG
39	0.15735	0.98213	0.23037	0.96105	159.6681	5481.0514	74.0341	0.33559	1.4174	5.4174	0.00013144	MATANG
40	0.15009	0.98187	0.20584	0.96261	155.9525	5126.3789	71.5987	0.40363	1.5958	5.7229	0.00017009	BUSUK
41	0.098877	0.98604	0.20289	0.97424	172.1888	4374.3523	66.1389	0.13216	1.4812	5.7036	0.00014612	BUSUK
42	0.13915	0.98293	0.21002	0.96466	155.0343	5051.4948	71.0739	0.44418	1.6569	5.8938	0.00020449	MATANG
43	0.13128	0.98434	0.23434	0.96898	148.5591	5126.7224	71.6011	0.6494	1.7172	5.4469	0.00018917	MATANG
44	0.11328	0.98856	0.23303	0.97701	157.9224	6044.3981	77.7457	0.26923	1.3582	5.4071	0.00012294	BUSUK
45	0.13646	0.98874	0.24017	0.96948	144.8326	7219.0881	84.9652	0.41832	1.3648	5.2052	0.00012725	MENTAH
46	0.12472	0.9866	0.23789	0.97323	162.5034	5693.4721	75.4551	0.24123	1.3674	5.2359	0.00011282	BUSUK
47	0.13989	0.9829	0.22621	0.96162	169.3694	5054.1063	71.0922	0.14469	1.4456	5.3621	0.00011372	MATANG
48	0.13116	0.98515	0.27297	0.96618	170.0663	5408.1725	73.5403	0.19765	1.212	4.7099	0.000091497	MATANG
49	0.15003	0.98407	0.23089	0.96307	162.3074	5872.0151	76.6291	0.21865	1.3208	5.2415	0.00010995	SETENGAH MATANG

50	0.15637	0.98285	0.24211	0.95639	158.414	5732.4407	75.7129	0.36716	1.3607	5.1917	0.0012288	SETENGAH MATANG
51	0.15861	0.98212	0.19915	0.95822	149.5402	5451.6039	73.835	0.49131	1.6576	5.7161	0.000178	BUSUK
52	0.16023	0.98397	0.25236	0.95686	167.507	6128.7565	78.2864	0.062577	1.2905	5.0337	0.000090602	SETENGAH MATANG
53	0.13882	0.98508	0.27227	0.97048	176.3074	5788.3408	76.0811	-0.13012	1.3345	4.8365	0.00007744	MATANG
54	0.13928	0.98572	0.22585	0.96786	159.7779	5963.2822	77.2223	0.22681	1.3896	5.3811	0.00012041	BUSUK
55	0.15541	0.98371	0.22782	0.9581	155.109	5939.1578	77.0659	0.35039	1.4237	5.3897	0.00013201	MATANG
56	0.13594	0.98604	0.23392	0.96955	149.1625	6024.7279	77.6191	0.4805	1.5011	5.4223	0.00014787	MENTAH
57	0.17491	0.98479	0.23417	0.95335	153.7814	6916.9026	83.1679	0.27445	1.2802	5.1556	0.0001108	MENTAH
58	0.15077	0.98299	0.20293	0.95715	165.258	5432.7347	73.7071	0.085553	1.4961	5.5236	0.00012992	MATANG
59	0.14418	0.98257	0.2276	0.96335	165.3557	5177.3834	71.954	0.23329	1.4329	5.3744	0.00012156	MATANG
60	0.1591	0.98576	0.20573	0.95858	147.9071	6745.0301	82.1281	0.34211	1.4231	5.5657	0.00013866	SETENGAH MATANG
61	0.12475	0.98552	0.24789	0.97098	163.6862	5265.3758	72.5629	0.33093	1.3521	5.1069	0.0001178	BUSUK
62	0.18229	0.97915	0.26262	0.95391	156.5384	5417.1378	73.6012	0.4752	1.4637	5.1688	0.00013579	BUSUK
63	0.16169	0.98006	0.20814	0.95392	170.4867	5039.2807	70.9879	0.077663	1.4047	5.6277	0.00012704	SETENGAH MATANG
64	0.16109	0.98606	0.23305	0.96497	157.0415	7001.073	83.6724	0.14818	1.2818	5.3225	0.00010403	MENTAH
65	0.16624	0.982663	0.18907	0.9577	157.6963	5774.8223	75.9923	0.21545	1.4796	5.7727	0.00014301	MENTAH
66	0.15885	0.98538	0.2487	0.95944	168.8805	6561.9376	81.0058	-0.071238	1.2985	5.007	0.000084995	MENTAH
67	0.13088	0.97984	0.20712	0.96356	187.9457	4015.4411	63.3675	-0.34058	1.7001	5.6149	0.00011405	MATANG
68	0.17209	0.98371	0.24357	0.95184	157.9342	6392.1542	79.9509	0.26977	1.2896	5.0793	0.00010732	MENTAH
69	0.13027	0.98302	0.2069	0.96372	181.4168	4667.6569	68.3203	-0.30628	1.6904	5.558	0.00011161	MATANG
70	0.17981	0.98147	0.19269	0.94919	149.8511	5913.561	76.8997	0.38588	1.5411	5.7673	0.000168	MENTAH
71	0.12439	0.98366	0.20784	0.96689	178.3885	4661.9989	68.2788	-0.12949	1.5262	5.5493	0.00011397	MATANG
72	0.13713	0.9835	0.22797	0.96677	177.5343	5118.3988	71.543	-0.1559	1.4916	5.3286	0.000096798	MATANG
73	0.15843	0.98109	0.20777	0.96172	171.9921	5154.299	71.7935	-0.037252	1.5104	5.5421	0.00011462	MATANG
74	0.095884	0.98721	0.5	0.97939	211.2823	4634.7418	68.0789	-1.0458	2.3397	3.0311	0.000032593	MATANG
75	0.14997	0.98109	0.20552	0.95937	158.2081	4911.7387	70.0838	0.41172	1.5671	5.6776	0.00016853	BUSUK
76	0.095588	0.98183	0.54722	0.97804	222.6005	3367.84	58.0331	-1.4863	3.6797	2.7928	0.000028699	SETENGAH MATANG

Lampiran 6

Data *testing* buah jambu biji merah (*Psidium guajava*).

No	<i>Input</i>											<i>Output</i>
	<i>Contrast</i>	<i>Correlation</i>	<i>Energy</i>	<i>Homogeneity</i>	<i>Mean</i>	<i>Variance</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>skewness</i>	<i>kurtosis</i>	<i>entropy</i>	IDM	Kematangan
1	0.1197	0.9868	0.40498	0.97092	197.9483	5681.6407	75.3767	-0.7087	1.7648	3.7042	0.000041164	MENTAH
2	0.1443	0.9829	0.35562	0.9647	197.7531	5240.558	72.3917	-0.71366	1.8769	4.1124	0.000047107	SETENGAH MATANG
3	0.12399	0.98394	0.33731	0.96819	199.5736	4798.5243	69.2714	-0.73646	1.9525	4.3691	0.000051786	MATANG
4	0.12947	0.98458	0.226	0.96699	158.9064	5183.0021	71.9931	0.3448	1.5223	5.6028	0.0001598	SETENGAH MATANG
5	0.12718	0.98458	0.38037	0.97315	201.1204	5131.7764	71.6364	-0.81785	2.0217	3.9309	0.000043749	BUSUK
6	0.16696	0.98487	0.20129	0.95784	145.191	6694.647	81.8208	0.39021	1.5096	5.6276	0.00015125	MENTAH
7	0.14672	0.98441	0.21455	0.96047	156.7406	5804.1338	76.1849	0.30363	1.4207	5.5072	0.00013464	BUSUK
8	0.12892	0.9878	0.28695	0.96914	148.0373	6628.1511	81.4135	0.47991	1.3646	4.9782	0.0001271	MENTAH
9	0.15063	0.98388	0.20343	0.96026	154.4214	5743.6645	75.787	0.3049	1.556	5.6637	0.00015046	SETENGAH MATANG
10	0.13033	0.98317	0.22856	0.97001	161.2762	4783.1817	69.1606	0.44042	1.4969	5.4399	0.00015054	BUSUK
11	0.12203	0.98696	0.25736	0.97222	162.032	5699.671	75.4962	0.29959	1.3171	5.0432	0.00011007	SETENGAH MATANG
12	0.14184	0.98732	0.28432	0.96242	148.7167	6996.1822	83.4637	0.49879	1.3064	5.1229	0.00013064	SETENGAH MATANG

Lampiran 7

Aturan *fuzzy* sebagai berikut:

1. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
2. “jika *contrast* adalah A_8 dan *correlation* adalah B_2 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_2 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
3. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
4. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
5. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
6. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
7. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1

dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”

8. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”
9. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
10. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_8 dan *energy* adalah C_4 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_8 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_5 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_5 dan IDM adalah K_2 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
11. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_2 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
12. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_8 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
13. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_3 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”
14. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1

dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”

15. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_1 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
16. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_1 dan *variance* adalah F_9 dan *standard deviation* adalah G_9 dan *skewness* adalah H_9 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
17. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_1 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
18. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_8 dan *energy* adalah C_7 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_8 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_9 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”
19. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”
20. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_2 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_9 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_7 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
21. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2

dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”

22. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
23. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
24. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_9 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
25. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
26. “jika *contrast* adalah A_3 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
27. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
28. “jika *contrast* adalah A_2 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_2 dan *standard deviation* adalah G_2 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2

dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”

29. “jika *contrast* adalah A_3 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_8 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
30. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_8 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
31. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
32. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_3 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
33. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
34. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_9 dan IDM adalah K_7 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
35. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_9 dan *kurtosis* adalah I_4

dan *entropy* adalah J_9 dan IDM adalah K_9 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”

36. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_4 dan *entropy* adalah J_9 dan IDM adalah K_9 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
37. “jika *contrast* adalah A_9 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_1 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_8 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
38. “jika *contrast* adalah A_3 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
39. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
40. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
41. “jika *contrast* adalah A_1 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_8 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_3 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
42. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2

dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”

43. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
44. “jika *contrast* adalah A_2 dan *correlation* adalah B_9 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_8 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
45. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_9 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_9 dan *standard deviation* adalah G_9 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
46. “jika *contrast* adalah A_3 dan *correlation* adalah B_8 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_8 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
47. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
48. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
49. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1

dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”

50. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”
51. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
52. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_6 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”
53. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_6 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
54. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
55. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
56. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2

dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”

57. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_3 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_8 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
58. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
59. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
60. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_2 dan *variance* adalah F_8 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”
61. “jika *contrast* adalah A_3 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_7 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
62. “jika *contrast* adalah A_8 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_3 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
63. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_3 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2

dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah $L_{\text{setengah-matang}}$ ”

64. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_9 dan *standard deviation* adalah G_9 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
65. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_4 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_6 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
66. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_7 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_4 dan *variance* adalah F_8 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_6 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
67. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_3 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_6 dan *variance* adalah F_2 dan *standard deviation* adalah G_3 dan *skewness* adalah H_5 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
68. “jika *contrast* adalah A_7 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_3 dan *homogeneity* adalah D_3 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_7 dan *standard deviation* adalah G_8 dan *skewness* adalah H_7 dan *kurtosis* adalah I_1 dan *entropy* adalah J_6 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”
69. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_5 dan *kurtosis* adalah I_3 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
70. “jika *contrast* adalah A_8 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_1 dan *homogeneity* adalah D_2 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_6 dan *standard deviation* adalah G_7 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2

dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{mentah} ”

71. “jika *contrast* adalah A_3 dan *correlation* adalah B_6 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_6 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
72. “jika *contrast* adalah A_4 dan *correlation* adalah B_5 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_6 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_6 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_7 dan IDM adalah K_3 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
73. “jika *contrast* adalah A_6 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_5 dan *variance* adalah F_5 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_6 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_4 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
74. “jika *contrast* adalah A_1 dan *correlation* adalah B_8 dan *energy* adalah C_8 dan *homogeneity* adalah D_9 dan *mean* adalah E_8 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_4 dan *skewness* adalah H_3 dan *kurtosis* adalah I_5 dan *entropy* adalah J_2 dan IDM adalah K_1 maka tingkat kematangan adalah L_{matang} ”
75. “jika *contrast* adalah A_5 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_2 dan *homogeneity* adalah D_5 dan *mean* adalah E_3 dan *variance* adalah F_4 dan *standard deviation* adalah G_5 dan *skewness* adalah H_8 dan *kurtosis* adalah I_2 dan *entropy* adalah J_8 dan IDM adalah K_6 maka tingkat kematangan adalah L_{busuk} ”
76. “jika *contrast* adalah A_1 dan *correlation* adalah B_4 dan *energy* adalah C_9 dan *homogeneity* adalah D_9 dan *mean* adalah E_9 dan *variance* adalah F_1 dan *standard deviation* adalah G_1 dan *skewness* adalah H_1 dan *kurtosis* adalah I_9 dan *entropy* adalah J_1 dan IDM adalah K_1 maka tingkat kematangan adalah $L_{setengah-matang}$ ”

LAMPIRAN 8

Fungsi implikasi dari data gambar kedua

Aturan	DERAJAT KEANGGOTAAN											HFI
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	0	0	0.8985	0	0.0515	0.3163	0	0.4064	0.7369	0.5772	0.8285	0
2	0.8395	0.7333	0.8985	0.987	0.9485	0.6837	0.9376	0.5936	0.7369	0.5772	0.8285	0.5936
3	0	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.0624	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
4	0	0	0	0	0.0515	0	0.0624	0.4064	0	0	0	0
5	0.1605	0	0	0	0.0515	0	0	0.4064	0	0	0	0
6	0	0	0.1015	0	0.0515	0	0.0624	0.4064	0	0	0	0
7	0	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.0624	0.4064	0	0	0	0
8	0.1605	0	0.1015	0	0.0515	0	0.0624	0.4064	0.7369	0	0	0
9	0.1605	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.9376	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0.7333	0	0	0.0515	0	0	0.4064	0.7369	0	0	0
12	0	0	0	0	0.9485	0	0	0.5936	0.7369	0	0	0
13	0	0	0.1015	0.013	0.0515	0	0.0624	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0.0515	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.5936	0.2631	0.5772	0.8285	0
16	0.1605	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8285	0
17	0.1605	0	0	0	0.9485	0	0	0.5936	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7369	0	0	0
19	0	0	0	0	0.9485	0	0	0.5936	0.7369	0	0	0
20	0	0.7333	0	0	0	0	0	0	0.2631	0.5772	0	0

21	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.5936	0.7369	0.5772	0.8285	0
22	0	0	0.1015	0	0.0515	0	0	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
23	0	0	0.1015	0	0.9485	0.6837	0	0	0.7369	0	0.8285	0
24	0	0.2667	0	0	0.9485	0	0	0	0.2631	0	0.8285	0
25	0	0.2667	0.1015	0	0	0.3163	0.9376	0.4064	0	0	0	0
26	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.4064	0.7369	0	0	0
27	0.1605	0	0.1015	0	0.9485	0.6837	0.0624	0.5936	0.7369	0	0	0
28	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.4064	0.7369	0	0	0
29	0	0	0	0	0.9485	0	0.0624	0.5936	0.7369	0	0	0
30	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
31	0	0	0	0	0	0.6837	0.9376	0.4064	0	0	0	0
32	0	0	0.1015	0	0.9485	0.6837	0.0624	0.5936	0.7369	0.5772	0.8285	0
33	0	0	0.1015	0	0	0	0.0624	0.5936	0.7369	0.5772	0.8285	0
34	0	0	0.8985	0	0.9485	0	0.9376	0.5936	0.2631	0.4228	0	0
35	0	0.2667	0.8985	0	0	0.3163	0	0	0	0.4228	0	0
36	0	0.2667	0.8985	0	0.9485	0	0	0.5936	0	0.4228	0	0
37	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.5936	0.7369	0.5772	0.8285	0
38	0	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.9376	0.4064	0.7369	0	0	0
39	0	0	0.1015	0	0.9485	0.6837	0.0624	0.4064	0.7369	0	0	0
40		0	0	0.1015	0	0.9485	0.6837	0.9376	0.5936	0.7369	0.5772	0
41	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
42	0	0	0.1015	0	0.9485	0.3163	0.9376	0.5936	0.7369	0.5772	0.8285	0
43	0	0	0.1015	0	0	0	0.9376	0.5936	0	0	0.8285	0
44	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.4064	0	0	0	0
45	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.5936	0	0	0	0
46	0	0	0.1015	0	0.0515	0	0.0624	0.4064	0	0	0	0
47	0	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.9376	0.4064	0	0	0	0

48	0	0	0	0	0.0515	0.6837	0.0624	0.4064	0	0	0	0
49	0	0	0.1015	0	0.0515	0	0	0.4064	0	0	0	0
50	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0.0624	0.5936	0	0	0	0
51	0	0	0.1015	0	0.9485	0.6837	0.0624	0.5936	0	0.5772	0.8285	0
52	0	0	0	0	0.0515	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0	0	0.0624	0	0	0	0	0
54	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.4064	0.7369	0	0	0
55	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.4064	0.7369	0	0	0
56	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.5936	0.7369	0	0	0
57	0	0	0.1015	0.013	0.9485	0	0	0.4064	0	0	0	0
58	0	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.0624	0.4064	0.7369	0	0	0
59	0	0	0.1015	0	0.0515	0.6837	0.9376	0.4064	0.7369	0	0	0
60	0	0	0.1015	0	0	0	0	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
61	0	0	0	0	0.0515	0.6837	0.9376	0.4064	0	0	0	0
62	0.8395	0.2667	0	0.013	0.9485	0.6837	0.0624	0.5936	0.7369	0	0	0
63	0	0.2667	0.1015	0.013	0.0515	0.3163	0.9376	0	0.7369	0.5772	0	0
64	0	0	0.1015	0	0.9485	0	0	0.4064	0	0	0	0
65	0.1605	0	0.8985	0	0.9485	0	0.0624	0.4064	0.7369	0.5772	0	0
66	0	0	0	0	0.0515	0	0	0	0	0	0	0
67	0	0.2667	0.1015	0	0	0	0	0	0	0.5772	0	0
68	0.1605	0	0	0.013	0.9485	0	0	0.4064	0	0	0	0
69	0	0	0.1015	0	0	0.3163	0	0	0	0.5772	0	0
70	0.8395	0	0	0.987	0.9485	0	0	0	0.7369	0.5772	0.8285	0
71	0	0	0.1015	0	0	0.3163	0	0	0.7369	0.5772	0	0
72	0	0	0.1015	0	0	0.6837	0.9376	0	0.7369	0	0	0
73	0	0	0.1015	0	0	0.6837	0.9376	0	0.7369	0.5772	0	0
74	0	0	0	0	0	0.3163	0	0	0	0	0	0

75	0	0	0.1015	0	0	0.3163	0.9376	0	0.7369	0.5772	0.8285	0
76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Keterangan :

<i>Contrast</i>	: A	<i>Standard deviation</i>	: G
<i>Correlation</i>	: B	<i>Skewness</i>	: H
<i>Energy</i>	: C	<i>Kurtosis</i>	: I
<i>Homogeneity</i>	: D	<i>Entropy</i>	: J
<i>Mean</i>	: E	IDM	: K
<i>Variance</i>	: F	Hasil Fungsi Implikasi	: HFI

Lampiran 9

Komposisi aturan MAX dari data gambar kedua

Aturan	Hasil fungsi implikasi	Himpunan <i>fuzzy</i> pada <i>output</i>			
		L_{mentah}	$L_{setengah-matang}$	L_{matang}	L_{busuk}
1	0				0
2	0.5936		0.5936		
3	0		0		
4	0			0	
5	0	0			
6	0			0	
7	0		0		
8	0		0		
9	0			0	
10	0	0			
11	0				0
12	0	0			
13	0		0		
14	0		0		
15	0				0
16	0	0			
17	0	0			
18	0		0		
19	0		0		
20	0				0
21	0			0	
22	0				0
23	0			0	
24	0				0
25	0			0	
26	0				0
27	0		0		
28	0				0
29	0				0
30	0		0		
31	0		0		
32	0			0	
33	0				0
34	0				0
35	0				0
36	0				0
37	0		0		
38	0			0	
39	0			0	

40	0				0
41	0				0
42	0			0	
43	0			0	
44	0				0
45	0	0			
46	0				0
47	0			0	
48	0			0	
49	0		0		
50	0		0		
51	0				0
52	0		0		
53	0			0	
54	0				0
55	0			0	
56	0	0			
57	0	0			
58	0			0	
59	0			0	
60	0		0		
61	0				0
62	0				0
63	0		0		
64	0	0			
65	0	0			
66	0	0			
67	0		0		
68	0	0			
69	0			0	
70	0	0			
71	0			0	
72	0			0	
73	0			0	
74	0			0	
75	0	0			
76	0		0		

Lampiran 10

Script m-file untuk model *fuzzy*

```
[System]
Name='ws14'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=11
NumOutputs=1
NumRules=88
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='bisector'

[Input1]
Name='contrast'
Range=[0.095588 0.19458]
NumMFs=9
MF1='A1': 'trimf', [0.08321 0.09559 0.108]
MF2='A2': 'trimf', [0.09559 0.108 0.1203]
MF3='A3': 'trimf', [0.108 0.1203 0.1327]
MF4='A4': 'trimf', [0.1203 0.1327 0.1451]
MF5='A5': 'trimf', [0.1327 0.1451 0.1575]
MF6='A6': 'trimf', [0.1451 0.1575 0.1698]
MF7='A7': 'trimf', [0.1575 0.1698 0.1822]
MF8='A8': 'trimf', [0.1698 0.1822 0.1946]
MF9='A9': 'trimf', [0.1822 0.1946 0.207]

[Input2]
Name='correlation'
Range=[0.97677 0.98874]
NumMFs=9
MF1='B1': 'trimf', [0.9753 0.9768 0.9783]
MF2='B2': 'trimf', [0.9768 0.9783 0.9798]
MF3='B3': 'trimf', [0.9783 0.9798 0.9813]
MF4='B4': 'trimf', [0.9798 0.9813 0.9828]
MF5='B5': 'trimf', [0.9813 0.9828 0.9843]
MF6='B6': 'trimf', [0.9828 0.9843 0.9857]
MF7='B7': 'trimf', [0.9843 0.9857 0.9872]
MF8='B8': 'trimf', [0.9857 0.9872 0.9887]
MF9='B9': 'trimf', [0.9872 0.9887 0.9902]

[Input3]
Name='energy'
Range=[0.17236 0.54722]
NumMFs=9
MF1='C1': 'trimf', [0.1255 0.1724 0.2192]
MF2='C2': 'trimf', [0.1724 0.2192 0.2661]
MF3='C3': 'trimf', [0.2192 0.2661 0.3129]
MF4='C4': 'trimf', [0.2661 0.3129 0.3598]
MF5='C5': 'trimf', [0.3129 0.3598 0.4066]
MF6='C6': 'trimf', [0.3598 0.4066 0.4535]
MF7='C7': 'trimf', [0.4066 0.4535 0.5004]
MF8='C8': 'trimf', [0.4535 0.5004 0.5472]
MF9='C9': 'trimf', [0.5004 0.5472 0.5941]

[Input4]
```

```

Name='homogeneity'
Range=[0.94239 0.97939]
NumMFs=9
MF1='D1': 'trimf', [0.9378 0.9424 0.947]
MF2='D2': 'trimf', [0.9424 0.947 0.9516]
MF3='D3': 'trimf', [0.947 0.9516 0.9563]
MF4='D4': 'trimf', [0.9516 0.9563 0.9609]
MF5='D5': 'trimf', [0.9563 0.9609 0.9655]
MF6='D6': 'trimf', [0.9609 0.9655 0.9701]
MF7='D7': 'trimf', [0.9655 0.9701 0.9748]
MF8='D8': 'trimf', [0.9701 0.9748 0.9794]
MF9='D9': 'trimf', [0.9748 0.9794 0.984]

```

```

[Input5]
Name='mean'
Range=[131.4935 222.6005]
NumMFs=9
MF1='E1': 'trimf', [120.1 131.5 142.9]
MF2='E2': 'trimf', [131.5 142.9 154.3]
MF3='E3': 'trimf', [142.9 154.3 165.7]
MF4='E4': 'trimf', [154.3 165.7 177]
MF5='E5': 'trimf', [165.7 177 188.4]
MF6='E6': 'trimf', [177 188.4 199.8]
MF7='E7': 'trimf', [188.4 199.8 211.2]
MF8='E8': 'trimf', [199.8 211.2 222.6]
MF9='E9': 'trimf', [211.2 222.6 234]

```

```

[Input6]
Name='variance'
Range=[3367.84 7219.088]
NumMFs=9
MF1='F1': 'trimf', [2886 3368 3849]
MF2='F2': 'trimf', [3368 3849 4331]
MF3='F3': 'trimf', [3849 4331 4812]
MF4='F4': 'trimf', [4331 4812 5293]
MF5='F5': 'trimf', [4812 5293 5775]
MF6='F6': 'trimf', [5293 5775 6256]
MF7='F7': 'trimf', [5775 6256 6738]
MF8='F8': 'trimf', [6256 6738 7219]
MF9='F9': 'trimf', [6738 7219 7700]

```

```

[Input7]
Name='standar-deviantion'
Range=[58.0331 84.9452]
NumMFs=9
MF1='G1': 'trimf', [54.67 58.03 61.4]
MF2='G2': 'trimf', [58.03 61.4 64.76]
MF3='G3': 'trimf', [61.4 64.76 68.13]
MF4='G4': 'trimf', [64.76 68.13 71.49]
MF5='G5': 'trimf', [68.13 71.49 74.85]
MF6='G6': 'trimf', [71.49 74.85 78.22]
MF7='G7': 'trimf', [74.85 78.22 81.58]
MF8='G8': 'trimf', [78.22 81.58 84.95]
MF9='G9': 'trimf', [81.58 84.95 88.31]

```

```

[Input8]
Name='skewness'
Range=[-1.4863 0.79203]
NumMFs=9
MF1='H1': 'trimf', [-1.771 -1.486 -1.202]

```

```

MF2='H2': 'trimf', [-1.486 -1.202 -0.9167]
MF3='H3': 'trimf', [-1.202 -0.9167 -0.6319]
MF4='H4': 'trimf', [-0.9167 -0.6319 -0.3471]
MF5='H5': 'trimf', [-0.6319 -0.3471 -0.06234]
MF6='H6': 'trimf', [-0.3471 -0.06234 0.2224]
MF7='H7': 'trimf', [-0.06234 0.2224 0.5072]
MF8='H8': 'trimf', [0.2224 0.5072 0.792]
MF9='H9': 'trimf', [0.5072 0.792 1.077]

```

```

[Input9]
Name='kurtosis'
Range=[1.212 3.6797]
NumMFs=9
MF1='I1': 'trimf', [0.9035 1.212 1.52]
MF2='I2': 'trimf', [1.212 1.52 1.829]
MF3='I3': 'trimf', [1.52 1.829 2.137]
MF4='I4': 'trimf', [1.829 2.137 2.446]
MF5='I5': 'trimf', [2.137 2.446 2.754]
MF6='I6': 'trimf', [2.446 2.754 3.063]
MF7='I7': 'trimf', [2.754 3.063 3.371]
MF8='I8': 'trimf', [3.063 3.371 3.68]
MF9='I9': 'trimf', [3.371 3.68 3.988]

```

```

[Input10]
Name='entropy'
Range=[2.7928 6.1629]
NumMFs=9
MF1='J1': 'trimf', [2.372 2.793 3.214]
MF2='J2': 'trimf', [2.793 3.214 3.635]
MF3='J3': 'trimf', [3.214 3.635 4.057]
MF4='J4': 'trimf', [3.635 4.057 4.478]
MF5='J5': 'trimf', [4.057 4.478 4.899]
MF6='J6': 'trimf', [4.478 4.899 5.32]
MF7='J7': 'trimf', [4.899 5.32 5.742]
MF8='J8': 'trimf', [5.32 5.742 6.163]
MF9='J9': 'trimf', [5.742 6.163 6.584]

```

```

[Input11]
Name='IDM'
Range=[2.8699e-05 0.0002869]
NumMFs=9
MF1='K1': 'trimf', [-3.576e-06 2.87e-05 6.097e-05]
MF2='K2': 'trimf', [2.87e-05 6.097e-05 9.325e-05]
MF3='K3': 'trimf', [6.097e-05 9.325e-05 0.0001255]
MF4='K4': 'trimf', [9.325e-05 0.0001255 0.0001578]
MF5='K5': 'trimf', [0.0001255 0.0001578 0.0001901]
MF6='K6': 'trimf', [0.0001578 0.0001901 0.0002223]
MF7='K7': 'trimf', [0.0001901 0.0002223 0.0002546]
MF8='K8': 'trimf', [0.0002223 0.0002546 0.0002869]
MF9='K9': 'trimf', [0.0002546 0.0002869 0.0003192]

```

```

[Output1]
Name='KEMATANGAN'
Range=[1 4]
NumMFs=4
MF1='MENTAH': 'trimf', [0.0001 1 2]
MF2='SETENGAH-MATANG': 'trimf', [1 2 3]
MF3='MATANG': 'trimf', [2 3 4]
MF4='BUSUK': 'trimf', [3 4 4.999]

```

[Rules]

```

5 4 1 5 4 4 4 7 2 8 6, 4 (1) : 1
8 2 1 2 3 5 5 8 2 8 6, 2 (1) : 1
6 4 2 4 4 5 6 7 2 8 4, 2 (1) : 1
6 6 3 6 4 6 6 7 1 7 3, 3 (1) : 1
7 6 3 5 4 7 8 7 1 6 3, 1 (1) : 1
6 5 2 4 4 6 6 7 1 7 3, 3 (1) : 1
4 7 2 6 4 5 6 7 1 7 3, 2 (1) : 1
7 4 2 4 4 6 6 7 2 7 4, 2 (1) : 1
7 4 2 4 4 5 5 7 2 8 4, 3 (1) : 1
4 8 4 6 5 8 8 5 1 5 2, 1 (1) : 1
6 2 3 4 4 3 4 7 2 7 4, 4 (1) : 1
4 8 3 7 3 7 7 8 2 7 4, 1 (1) : 1
6 5 2 3 4 6 6 7 1 7 4, 2 (1) : 1
4 6 3 4 4 7 7 7 1 6 3, 2 (1) : 1
6 1 2 4 3 3 3 8 3 8 6, 4 (1) : 1
7 7 3 5 1 9 9 9 2 6 6, 1 (1) : 1
7 7 4 5 3 8 8 8 1 6 4, 1 (1) : 1
5 8 7 7 2 8 8 9 2 6 4, 2 (1) : 1
6 6 3 4 3 7 7 8 2 7 4, 2 (1) : 1
6 2 3 4 2 4 4 9 3 8 7, 4 (1) : 1
6 6 2 5 2 6 7 8 2 8 6, 3 (1) : 1
5 3 2 5 4 3 4 7 2 8 4, 4 (1) : 1
6 5 2 5 3 5 5 8 2 7 6, 3 (1) : 1
5 3 3 6 3 3 3 9 3 7 6, 4 (1) : 1
6 3 2 4 5 4 5 7 1 7 3, 3 (1) : 1
3 5 2 6 5 3 3 7 2 7 4, 4 (1) : 1
7 4 2 4 3 5 6 8 2 7 4, 2 (1) : 1
2 4 2 8 5 2 2 7 2 7 4, 4 (1) : 1
3 7 3 8 3 6 6 8 2 7 4, 4 (1) : 1
5 8 2 7 3 7 8 7 2 8 4, 2 (1) : 1
5 5 3 5 5 5 5 7 1 7 3, 2 (1) : 1
6 4 2 3 3 5 6 8 2 8 6, 3 (1) : 1
4 7 2 7 2 6 6 8 2 8 6, 4 (1) : 1
6 4 1 4 3 5 5 8 3 9 7, 4 (1) : 1
6 3 1 4 2 4 4 9 4 9 9, 4 (1) : 1
5 3 1 5 3 3 3 8 4 9 9, 4 (1) : 1
9 5 2 1 2 8 8 8 2 8 6, 2 (1) : 1
3 7 2 7 4 5 5 7 2 7 4, 3 (1) : 1
6 5 2 5 3 5 6 7 2 7 4, 3 (1) : 1
5 4 2 5 3 5 5 8 2 8 6, 4 (1) : 1
1 7 2 8 5 3 3 7 2 8 4, 4 (1) : 1
5 5 2 6 3 4 5 8 2 8 6, 3 (1) : 1
4 6 2 7 2 5 5 8 2 7 6, 3 (1) : 1
2 9 2 8 3 7 7 7 1 7 4, 4 (1) : 1
4 9 2 7 2 9 9 8 1 7 4, 1 (1) : 1
3 8 2 8 4 6 6 7 2 7 4, 4 (1) : 1
5 5 2 5 4 5 5 7 2 7 4, 3 (1) : 1
4 7 3 6 4 5 6 7 2 6 3, 3 (1) : 1
5 6 2 5 4 6 7 7 1 7 4, 2 (1) : 1
6 5 2 4 3 6 6 8 1 7 4, 2 (1) : 1
6 5 2 4 3 5 6 8 2 8 6, 4 (1) : 1
6 6 3 4 4 7 7 6 1 6 3, 2 (1) : 1
4 7 3 7 5 6 6 6 1 6 3, 3 (1) : 1
5 7 2 7 3 6 7 7 2 7 4, 4 (1) : 1
6 6 2 4 3 6 7 7 2 7 4, 3 (1) : 1
4 7 2 7 3 7 7 8 2 7 4, 1 (1) : 1
7 6 2 3 3 8 8 7 1 7 4, 1 (1) : 1
5 5 2 4 4 5 6 7 2 7 4, 3 (1) : 1
5 5 2 6 4 5 5 7 2 7 4, 3 (1) : 1
6 7 2 4 2 8 8 7 2 8 4, 2 (1) : 1

```

8 3 3 3 4 5 6 8 2 7 4, 4 (1) : 1
 8 3 3 3 3 5 6 8 2 7 4, 4 (1) : 1
 6 3 2 3 4 4 5 6 2 7 4, 2 (1) : 1
 6 7 2 6 3 9 9 7 1 7 3, 1 (1) : 1
 7 5 1 4 3 6 6 7 2 8 4, 1 (1) : 1
 6 7 3 5 4 8 8 6 1 6 3, 1 (1) : 1
 4 3 2 6 6 2 3 5 3 8 4, 3 (1) : 1
 7 6 3 3 3 7 8 7 1 6 3, 1 (1) : 1
 4 5 2 6 5 4 4 5 3 8 4, 3 (1) : 1
 8 4 1 2 3 6 7 8 2 8 6, 1 (1) : 1
 3 6 2 6 5 4 4 6 2 8 4, 3 (1) : 1
 4 5 2 6 5 5 5 6 2 7 3, 3 (1) : 1
 6 4 2 5 5 5 5 6 2 8 4, 3 (1) : 1
 1 8 8 9 8 4 4 3 5 2 1, 3 (1) : 1
 5 4 2 5 3 4 5 8 2 8 6, 4 (1) : 1
 1 4 9 9 9 1 1 1 9 1 1, 2 (1) : 1

Lampiran 11

Hasil defuzzifikasi data *training*

Data gambar	Hasil defuzzifikasi	Keterangan
Gambar 1	4	BUSUK
Gambar 2	2	SETENGAH MATANG
Gambar 3	2	SETENGAH MATANG
Gambar 4	3	MATANG
Gambar 5	2	SETENGAH MATANG
Gambar 6	3	MATANG
Gambar 7	2	SETENGAH MATANG
Gambar 8	2	SETENGAH MATANG
Gambar 9	3	MATANG
Gambar 10	1	MENTAH
Gambar 11	4	BUSUK
Gambar 12	1	MENTAH
Gambar 13	2	SETENGAH MATANG
Gambar 14	2	SETENGAH MATANG
Gambar 15	2	BUSUK
Gambar 16	1	MENTAH
Gambar 17	1	MENTAH
Gambar 18	2	SETENGAH MATANG
Gambar 19	2	SETENGAH MATANG
Gambar 20	4	BUSUK
Gambar 21	3	MATANG
Gambar 22	4	BUSUK
Gambar 23	3	MATANG
Gambar 24	4	BUSUK
Gambar 25	3	MATANG
Gambar 26	4	BUSUK
Gambar 27	2	SETENGAH MATANG
Gambar 28	4	BUSUK
Gambar 29	4	BUSUK

Gambar 30	2	SETENGAH MATANG
Gambar 31	2	SETENGAH MATANG
Gambar 32	3	MATANG
Gambar 33	4	BUSUK
Gambar 34	4	BUSUK
Gambar 35	4	BUSUK
Gambar 36	4	BUSUK
Gambar 37	2	SETENGAH MATANG
Gambar 38	3	MATANG
Gambar 39	3	MATANG
Gambar 40	3	MATANG
Gambar 41	4	BUSUK
Gambar 42	3	MATANG
Gambar 43	3	MATANG
Gambar 44	4	BUSUK
Gambar 45	1	MENTAH
Gambar 46	4	BUSUK
Gambar 47	3	MATANG
Gambar 48	3	MATANG
Gambar 49	2	SETENGAH MATANG
Gambar 50	2	SETENGAH MATANG
Gambar 51	4	BUSUK
Gambar 52	2	SETENGAH MATANG
Gambar 53	3	MATANG
Gambar 54	4	BUSUK
Gambar 55	3	MATANG
Gambar 56	2	SETENGAH MATANG
Gambar 57	1	MENTAH
Gambar 58	3	MATANG
Gambar 59	3	MATANG
Gambar 60	1	SETENGAH MATANG
Gambar 61	3	MATANG
Gambar 62	4	BUSUK
Gambar 63	2	SETENGAH MATANG
Gambar 64	1	MENTAH
Gambar 65	1	MENTAH
Gambar 66	1	MENTAH
Gambar 67	3	MATANG
Gambar 68	1	MENTAH
Gambar 69	3	MATANG
Gambar 70	1.	MENTAH
Gambar 71	3	MATANG
Gambar 72	3	MATANG
Gambar 73	3	MATANG
Gambar 74	3	MATANG
Gambar 75	4	BUSUK
Gambar 76	2	SETENGAH MATANG

Lampiran 12

Hasil defuzzifikasi data *testing*

Data gambar	Hasil defuzzifikasi	Keterangan
Gambar 1	1	MENTAH
Gambar 2	2	SETENGAH MATANG
Gambar 3	3	MATANG
Gambar 4	2	SETENGAH MATANG
Gambar 5	4	BUSUK
Gambar 6	2	SETENGAH MATNAG
Gambar 7	3	MATANG
Gambar 8	1	MENTAH
Gambar 9	2	SETENGAH MATANG
Gambar 10	4	BUSUK
Gambar 11	2	SETENGAH MATANG
Gambar 12	2	SETENGAH MATANG

Lampiran 13

Hasil model *fuzzy data training*

Data Gambar	<i>Output</i> Asli	<i>Output</i> Model	Keterangan
Gambar 1	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 2	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 3	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 4	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 5	MENTAH	SETENGAH MATANG	Salah
Gambar 6	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 7	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 8	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 9	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 10	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 11	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 12	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 13	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 14	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 15	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 16	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 17	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 18	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 19	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 20	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 21	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 22	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 23	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 24	BUSUK	BUSUK	Benar

Gambar 25	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 26	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 27	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 28	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 29	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 30	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 31	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 32	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 33	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 34	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 35	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 36	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 37	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 38	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 39	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 40	BUSUK	MATANG	Salah
Gambar 41	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 42	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 43	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 44	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 45	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 46	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 47	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 48	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 49	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 50	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 51	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 52	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 53	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 54	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 55	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 56	MENTAH	SETENGAH MATANG	Salah
Gambar 57	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 58	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 59	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 60	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 61	BUSUK	MATANG	Salah
Gambar 62	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 63	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 64	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 65	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 66	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 67	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 68	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 69	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 70	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 71	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 72	MATANG	MATANG	Benar

Gambar 73	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 74	MATANG	MATANG	Benar
Gambar 75	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 76	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar

Lampiran 14

Hasil model *fuzzy data testing*

Data Gambar	<i>Output</i> Asli	<i>Output</i> Model	Keterangan
Gambar 1	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 2	SETENGAH MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 3	MATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 4	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 5	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 6	MENTAH	SETENGAH MATANG	Salah
Gambar 7	BUSUK	MATANG	Salah
Gambar 8	MENTAH	MENTAH	Benar
Gambar 9	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 10	BUSUK	BUSUK	Benar
Gambar 11	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar
Gambar 12	SETENGAHMATANG	SETENGAH MATANG	Benar

Lampiran 15

Script m-file untuk sistem GUI

```
function varargout = klasifikasi(varargin)
% KLASIFIKASI MATLAB code for klasifikasi.fig
% KLASIFIKASI, by itself, creates a new KLASIFIKASI or raises the
existing
% singleton*.
%
% H = KLASIFIKASI returns the handle to a new KLASIFIKASI or the
handle to
% the existing singleton*.
%
% KLASIFIKASI('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
% function named CALLBACK in KLASIFIKASI.M with the given input
arguments.
%
% KLASIFIKASI('Property','Value',...) creates a new KLASIFIKASI or
raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
% applied to the GUI before klasifikasi_OpeningFcn gets called. An
% unrecognized property name or invalid value makes property
application
% stop. All inputs are passed to klasifikasi_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
```

```

% Edit the above text to modify the response to help klasifikasi

% Last Modified by GUIDE v2.5 04-Jan-2015 16:58:46

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @klasifikasi_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @klasifikasi_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT


% --- Executes just before klasifikasi is made visible.
function klasifikasi_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to klasifikasi (see VARARGIN)

% Choose default command line output for klasifikasi
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes klasifikasi wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);


% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = klasifikasi_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;


function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.

```

```

function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit4 as a
double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit5 as a
double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit7 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit7 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```

% hObject      handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit8 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit8 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit9 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit9 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit10 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit10 as a
double

```



```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit10 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit11 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit11 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit11 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit12 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit12 as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit12 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.

```

```

%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FileName,PathName] = uigetfile({'*.jpg','*.pgm'},'file selector');
if isempty(FileName)
return
end
global I;
FiledData=[PathName FileName];
I=imread(FileData);
axes(handles.axes1);
cla;
imshow(I)

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
global I;
axes(handles.axes1);
I=rgb2gray(I);
I=imresize(I,[256 256]);
axes(handles.axes2);
cla;
imshow(I);
pause(0.1);

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
global I;
format short
[pixelCounts GLs] = imhist(I);
format short
    numberOfPixels = sum(pixelCounts);
meanGL = sum(GLs .* pixelCounts) / numberOfPixels;
varianceGL = sum((GLs - meanGL) .^ 2 .* pixelCounts) / (numberOfPixels-1);
sd = sqrt(varianceGL);
skew = sum((GLs - meanGL) .^ 3 .* pixelCounts) / ((numberOfPixels - 1) *
sd^3);
kur = sum((GLs - meanGL) .^ 4 .* pixelCounts) / ((numberOfPixels - 1) *
sd^4);
r = 1-(1/(1-(sd)^2));
IDM=sum(numberOfPixels/(1+(pixelCounts-GLs).^2));
e =entropy(I);
GLCM2 = graycomatrix(I);
F = graycoprops(GLCM2,'all');
z=F.Contrast;

```

```

y=F.Correlation;
x =F. Energy;
w =F.Homogeneity;
set(handles.edit1,'string',z)
set(handles.edit2,'string',y)
set(handles.edit3,'string',x)
set(handles.edit4,'string',w)
set(handles.edit5,'string',meanGL)
set(handles.edit6,'string',varianceGL)
set(handles.edit7,'string',sd)
set(handles.edit8,'string',skew)
set(handles.edit9,'string',kur)
set(handles.edit10,'string',e)
set(handles.edit11,'string',IDM)

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
a1 = str2double(get(handles.edit1,'string'));
a2 = str2double(get(handles.edit2,'string'));
a3 = str2double(get(handles.edit3,'string'));
a4 = str2double(get(handles.edit4,'string'));
a5 = str2double(get(handles.edit5,'string'));
a6 = str2double(get(handles.edit6,'string'));
a7 = str2double(get(handles.edit7,'string'));
a8 = str2double(get(handles.edit8,'string'));
a9 = str2double(get(handles.edit9,'string'));
a10 = str2double(get(handles.edit10,'string'));
a11=str2double(get(handles.edit11,'string'));
input = [a1 a2 a3 a4 a5 a6 a7 a8 a9 a10 a11];
fis = readfis('ws14');
out = evalfis( [a1 a2 a3 a4 a5 a6 a7 a8 a9 a10 a11],fis);

if out<=1.5 out = 'MENTAH';
    elseif out > 1.5 && out <=2.5 out = 'SETENGAH-MATANG';
elseif out > 2.5 && out <=3.5 out='MATANG ';
    else out= 'BUSUK';
end;

set(handles.edit12,'string',out);

```